

**PRODUCCION Y UTILIZACION DE
FORRAJES EN EL TROPICO
COMPENDIO**

Publicación financiada con fondos de la
Fundación W. K. Kellogg como parte del Proyecto
de Capacitación Agropecuaria para el
Istmo Centroamericano

**CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA, CATIE
Programa de Producción Animal
Turrialba, Costa Rica, 1981**

CONTENIDO

	<u>Página</u>
PROLOGO	5
· CONCEPTO DE SISTEMAS DE PRODUCCION ANIMAL, Carlos U. León-Velarde, M.Sc., Zootecnista	7
BASES FISIOLÓGICAS PARA EL MANEJO DE PASTURAS TROPICALES, Víctor M. Mares Martins, M.Sc., Zootecnista	21
CONSIDERACIONES PRACTICAS EN EL ESTABLECIMIENTO DE PASTURAS TROPICALES, Víctor M. Mares Martins, M.Sc., Zootecnista	39
· EL COMBATE DE MALEZAS EN POTREROS, Myron Shenk, M.S.,	45
· USO DE LOS FERTILIZANTES EN PASTURAS, Rolain Borel, Ph.D., Agrostólogo	58
LA CALIDAD NUTRITIVA DE LOS FORRAJES, Danilo Pezo, Mag. Sc., Nutricionista	<u>70</u>
ROL DE LAS LEGUMINOSAS EN LAS PRADERAS, Angel M. Iturbide, M.Sc., Zootecnista	103
ALTERNATIVAS NUTRICIONALES PARA LA EPOCA SECA, Angel M. Iturbide, M.Sc., Zootecnista	128
ENSILAJES DE FORRAJES TROPICALES, Danilo Pezo, Mag. Sc., Nutricionista	141
· PRODUCCION Y MANEJO DE PRADERAS EN EL TROPICO HUMEDO, Gustavo Cubillos, Ph.D., Agrostólogo	<u>155</u>
· PARAMETROS DE EVALUACION DEL MANEJO DE PASTURAS, Rolain Borel, Ph.D., Agrostólogo	<u>177</u>
REFERENCIAS	184

PROLOGO

El presente compendio fue elaborado como material de apoyo para los cursos de "Producción y utilización de forrajes tropicales" a realizarse en Centro América y República Dominicana. Su preparación se basó en algunas de las presentaciones hechas por los conferencistas en cursos dictados en octubre y noviembre de 1980 en Honduras y Guatemala.

Estos cursos son ejecutados por el Programa de Producción Animal del CATIE, dentro del Proyecto de Capacitación Agropecuaria en el Istmo Centroamericano, financiado por la Fundación W. K. Kellogg. Cursos similares se han realizado en Panamá y Costa Rica, con la financiación del Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Debe reconocerse el apoyo que han brindado las instituciones nacionales de investigación y desarrollo agropecuario de cada país, para el éxito de los mismos.

Con el fin de uniformizar el texto de algunos trabajos fue necesario realizar algunos cambios de forma que se espera no hayan producido cambios de fondo. Así mismo, es de gran interés el mejorar progresivamente este compendio, con el objeto de contar con material técnico para uso educativo en el estudio de los pastos y forrajes del área tropical. También es el deseo de los coordinadores del curso, que este compendio sea también utilidad para las personas interesadas en la producción animal en el trópico, donde el uso adecuado de los recursos forrajeros tiene un rol fundamental en la producción de carne y leche.

Rolain Borel
Especialista en Pastos y Forrajes
CATIE; Programa de Producción Animal

Carlos U. León-Velarde
Coordinador de Capacitación
CATIE; Unidad de Capacitación

CONCEPTO DE SISTEMAS DE PRODUCCION ANIMAL

Carlos U. León-Velarde, M.Sc.

INTRODUCCION

La producción de leche y carne en América Latina es del orden de los 32 y 8 millones de toneladas métricas por año respectivamente; sin embargo, la demanda de estos productos es cada día mayor, así como los esfuerzos que se realizan para aumentar la producción y productividad animal. Esta es variada dentro y entre regiones, ya que se depende de las condiciones ecológicas, tipo de animales y de la forma en que se manejan los componentes básicos de un sistema de producción, el pasto y el animal.

Existen diversos esfuerzos, en diferentes disciplinas, para encontrar los conocimientos que expliquen el comportamiento de un sistema (Figura 1);

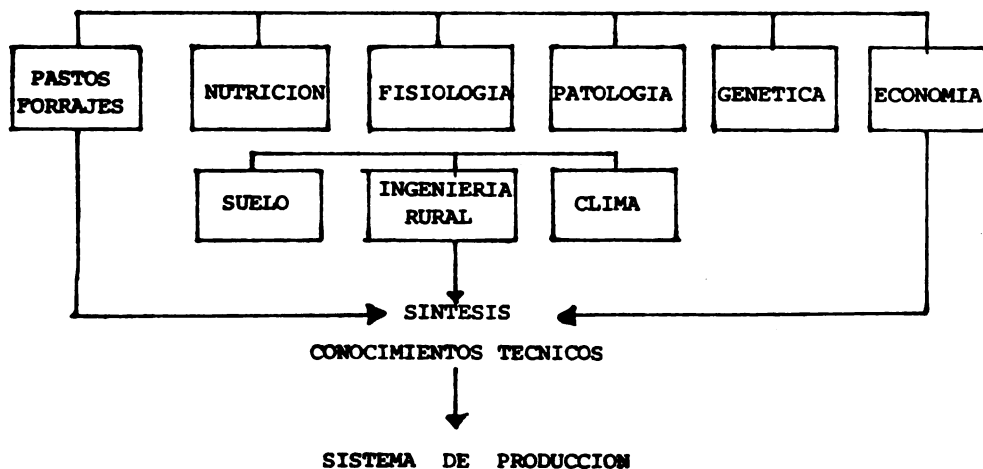


Figura 1. Integración de conocimientos en la formación y explicación del funcionamiento de un sistema de producción animal.

También debe considerarse que existen tanto sistemas como fincas, ya que cualquier arreglo dentro de sus componentes definirá un sistema en particular; sin embargo, todos tienen una base común, el pasto, el cual es la fuente principal en todas las alternativas de alimentación bovina; dentro de estos, el pastoreo juega un rol importante ya que casi toda la producción de carne y leche de América Latina es en base a los pastizales con pasto nativo, mejorado o introducido.

También el bovino juega un papel importante ya que es el transformador del pasto hacia productos biológicos de gran importancia en la alimentación humana; al respecto existen diferentes tipos de animales, cuya composición genética y el medio ecológico que se desarrollan determinan su eficiencia en la conversión del pasto.

Estos dos componentes, PASTO y ANIMAL, tienen una multiplicidad de relaciones entre ellos, así como con el medio que lo rodea; sin embargo, en la medida que se conozcan y se manejen adecuadamente se estará orientando a la definición de un sistema de producción animal en particular, con el que se podrá, posteriormente, prever ajustes bioeconómicos y su extrapolación dentro de una área o zona con características ecológicas similares.

Conceptualización de sistemas

Una finca ganadera es en principio un sistema, el cual es conocido por su propietario y es él quien toma las decisiones en función de los conocimientos que tiene sobre el particular. Al técnico le corresponde, en muchos casos, proporcionar ayuda y esta será efectiva cuando conozca, al menos, las

tendencias que tendrán los componentes al interactuar entre sí. Para lograr esto y tener un mejor análisis y evaluación de una finca es necesario esquematizarla bajo el concepto de sistema.

Se entiende por sistema a un arreglo de componentes físicos relacionados de tal manera que forman y/o actúan como una entidad o un todo. En esta definición las palabras arreglo y actúan condicionan dos características de cualquier sistema Estructura y Función; todo sistema presenta una estructura relacionada con el arreglo de los componentes que lo forman y tiene una función, relacionada con el cómo actúa el sistema.

En producción animal los sistemas son complejos; se componen y sufren la influencia de factores biológicos, climáticos, sociales, culturales y económicos.

En la Figura 2 se presenta una ilustración esquemática del complejo de componentes biológicos, económicos, sociales y políticos que constituyen los sistemas de producción y mercadeo de los rumiantes. Al observar la Figura 2 se encuentra que existe una gran interacción entre los componentes, lo que le caracteriza como un sistema abierto, es decir, tienen interacciones con el ambiente; esta resulta en entradas y salidas. Lo contrario sería un sistema cerrado.

Todo sistema presenta elementos que son: componentes, entradas, interacciones, salidas y límites; los componentes son los elementos básicos del sistema y su interacción la estructura de ella. Las entradas y salidas de un sistema son los flujos que entran y salen de la unidad, este proceso es lo que le da función. Figura 3.

POLITICA OFICIAL

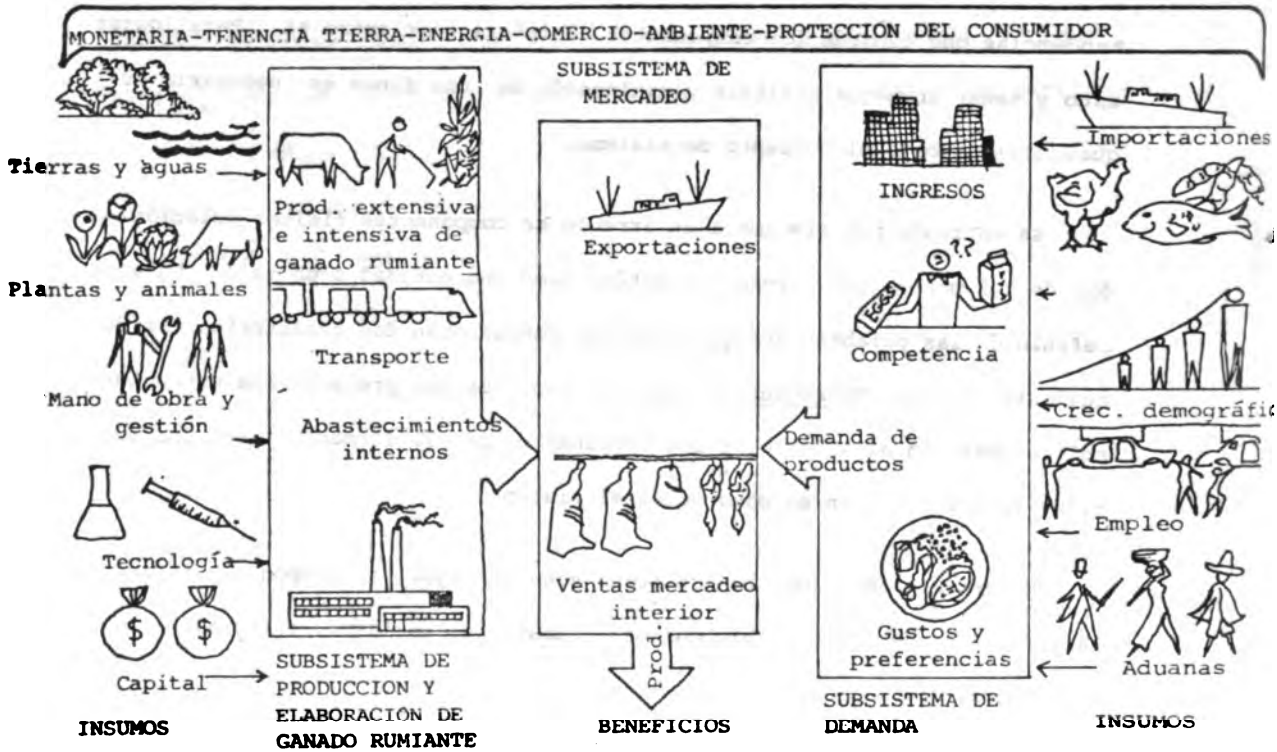


Figura 2. Ilustración esquemática del complejo de componentes interactivos biológicos, económicos, sociales y políticos que constituyen los sistemas de producción-mercadeo de rumiantes.

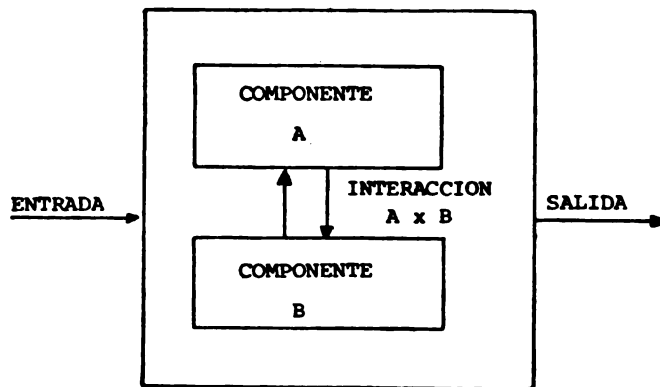


Figura 3. Presentación esquemática de un sistema abierto con entradas, salidas y dos componentes definidos por límites fijos.

El estudio de los sistemas de producción animal, no es nuevo, sin embargo es cada vez más notorio su uso, ya que presenta ventajas y constituye un instrumento útil del técnico cuando se modelan los sistemas de producción animal. Entre las ventajas que presentan la diagramación o esquematización de los sistemas de producción animal se tiene:

- a) Organiza los conocimientos disponibles acerca del sistema para una comprensión más clara de los variables y procesos interactivos que constituyen el sistema.
- b) Identifica la falta de conocimiento y comprensión del sistema, el que debe resolverse con investigación.
- c) Estimula la adopción de enfoques multidisciplinarios para mejorar el sistema y la coordinación entre especialistas en un esfuerzo común.
- d) Promociona un mejor entendimiento del funcionamiento del sistema para la decisión de menos riesgo y evitar fracasos costosos.
- e) Extrapolación de situaciones en que se conoce bien como funciona el sistema a situaciones nuevas o que se entienden mal.

Estructura y función de los sistemas de producción animal

La esquematización de un sistema de producción animal, donde el pasto y el animal constituyen los componentes fundamentales del sistema, se presenta en la Figura 4. Ambos se encuentran en un medio que influirá positiva o negativamente sobre ellos. De la interacción entre estos componentes depende

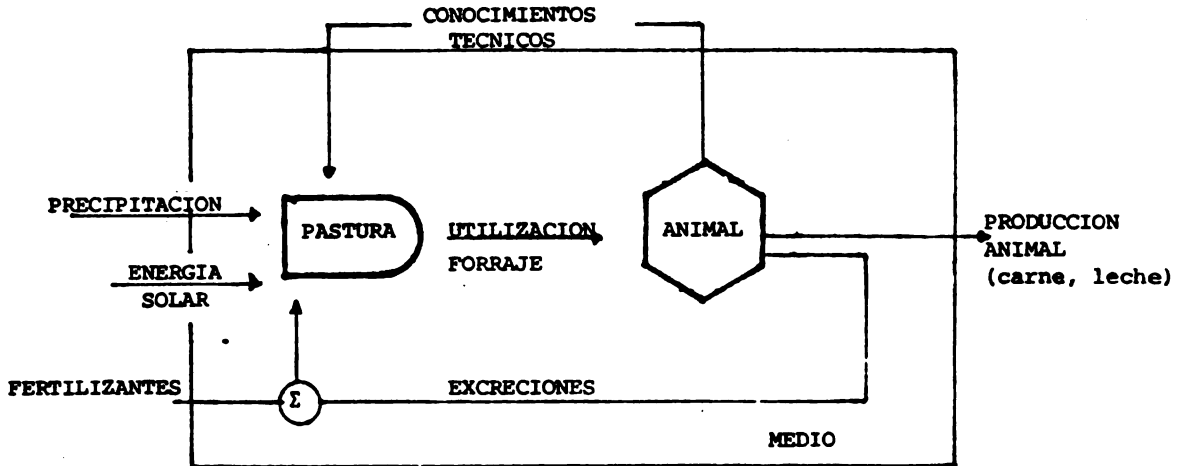
SISTEMA DE PRODUCCION

Figura 4. Representación esquemática de un sistema de producción animal.

en gran parte la eficiencia del sistema y es también donde el hombre juega un rol importante, ya que de la integración de conocimientos que posea sobre ambos, podrá adecuar la función de uno para el otro y viceversa, llegando en tal forma a definir y conocer su sistema de producción. La representación técnica de un sistema se puede realizar mediante símbolos de circuitos, descritos por H. T. Odum (1971) Figura 5. Con estos se describe en la Figura 6 una comparación entre dos sistemas pecuarios, uno con solo animales (caso de un engorde intensivo) y otro con pastos y animales, caso de un sistema intensivo de producción de leche.

Conforme se profundiza más en el conocimiento del sistema será posible representarlo en forma más compleja. Para fines prácticos esquematizaremos a los dos componentes como subsistemas, Figura 7.

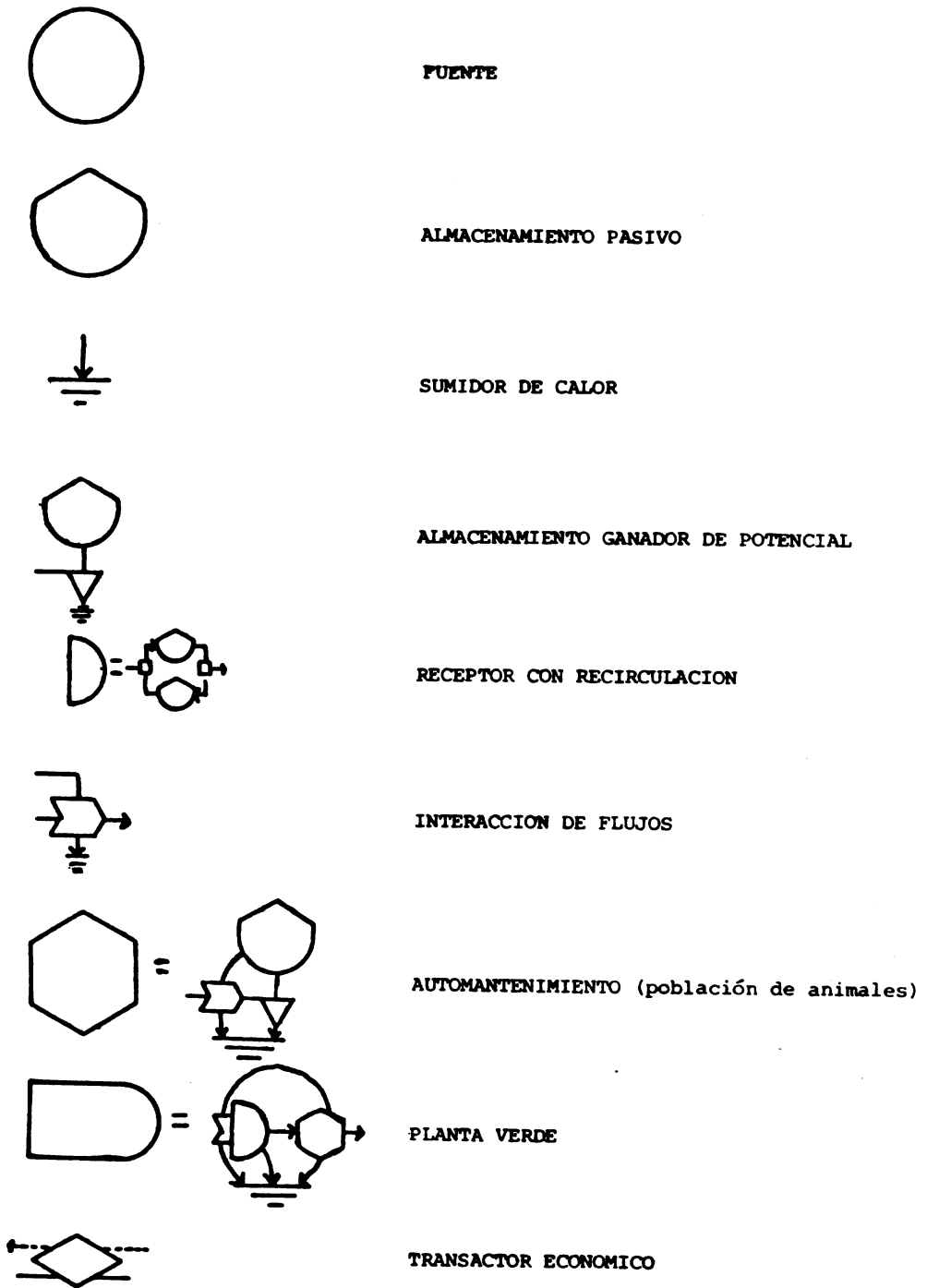


Figura 5. Los símbolos del lenguaje de circuitos de H. T. Odum (1971) y los fenómenos que representan.

SISTEMAS PECUARIOS:

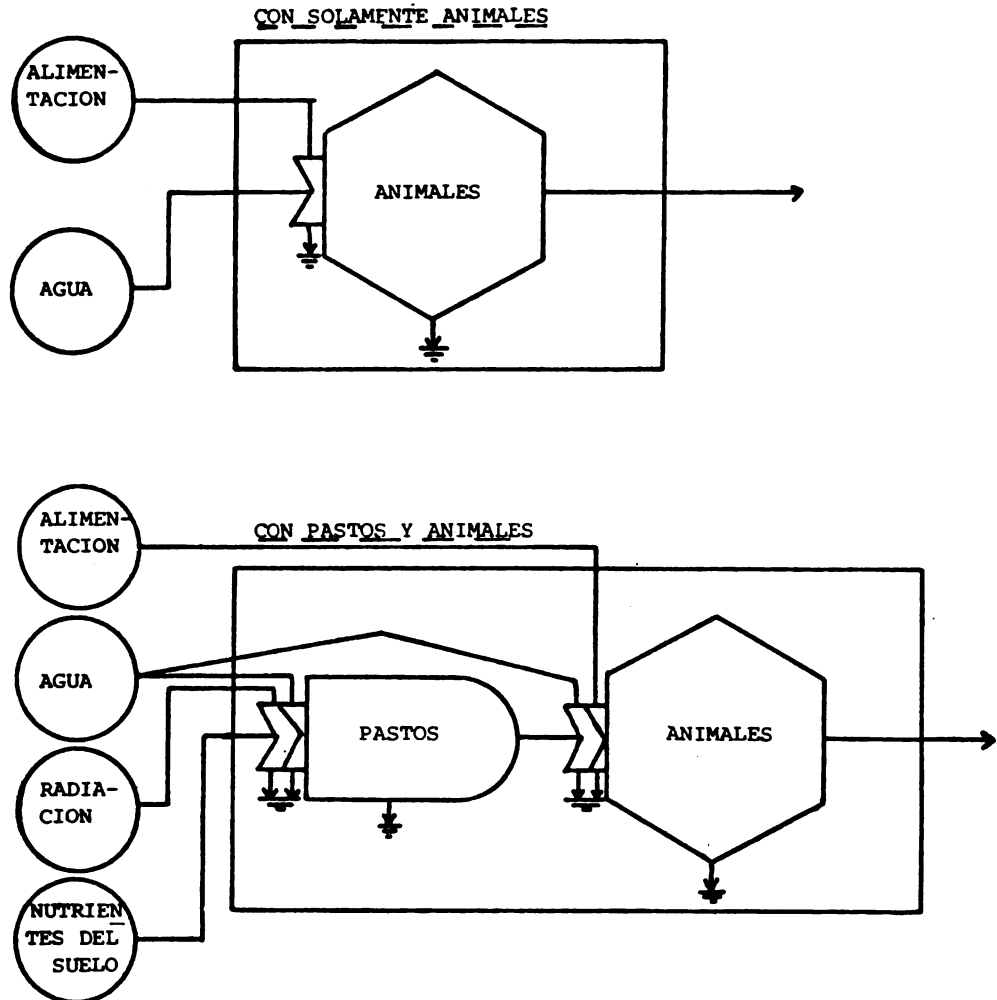


Figura 6. Una comparación entre dos sistemas pecuarios, uno con solo animales y otro con pastos y animales.

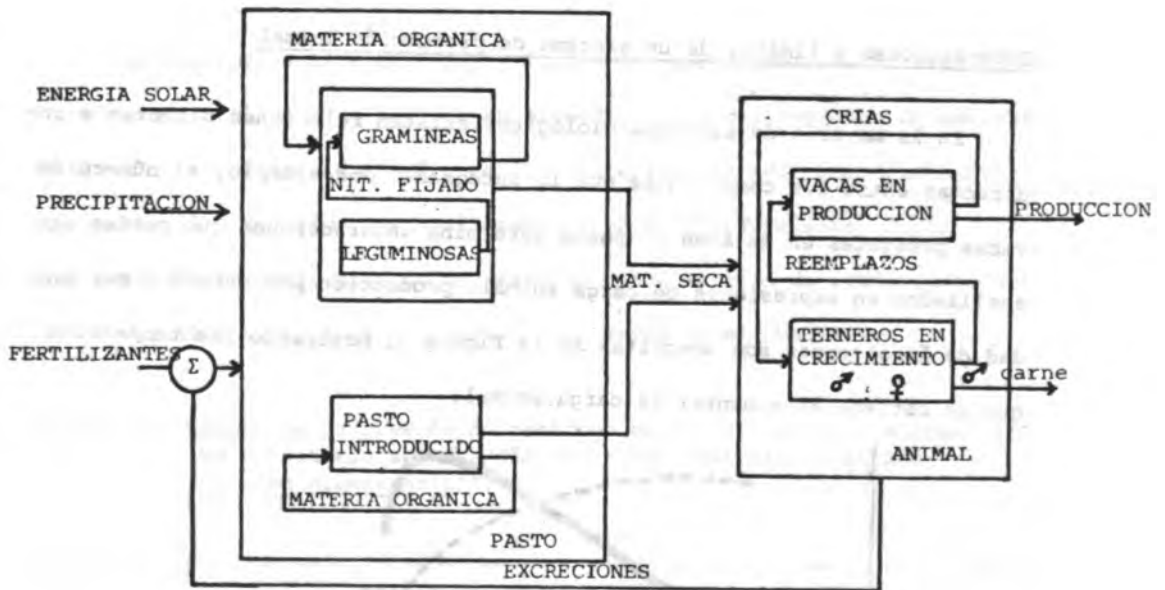


Figura 7. Funciones e interacciones de los componentes del sistema de producción animal.

El análisis de los componentes y las interacciones en un sistema, determina una cuantificación de los eventos que ocurren durante el proceso dinámico de la producción animal; sin embargo, la forma de integrar los conocimientos técnicos sobre el animal y el pasto va a determinar el MANEJO que se realiza del sistema, el cual obedece a una síntesis de la tecnología existente sobre las explotaciones que se dedican a producir carne o leche.

Interacciones y límites de un sistema de producción animal

En la mayoría de sistemas biológicos existen relaciones directas e indirectas entre los componentes que lo integran. Por ejemplo, el número de vacas presentes en un área de pasto determina interacciones que pueden ser analizadas en expresiones de carga animal, producción por cabeza y por unidad de área; estas son descritas en la Figura 8, mostrando las tendencias que se obtiene al aumentar la carga animal.

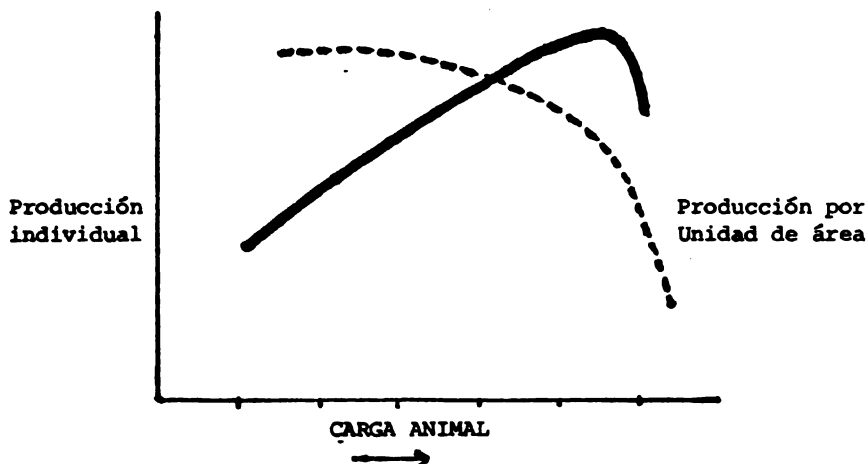


Figura 8. Relaciones de carga animal, producción individual y por unidad de área.

El aumento de la capacidad de carga animal se orienta hacia el límite del subsistema pasto, el que estará dado por la producción de forraje capaz de sostener casi continuamente al mayor número de animales con una máxima producción. En el momento de lograrlo, la única posibilidad de aumentar la producción por unidad de área radica en la selección de los mejores animales que poseen mayor habilidad para producir, lo cual también nos lleva a largo plazo a un límite genético.

Con respecto a la producción y límite del subsistema pasto, esta es determinada por el tipo de forraje en el medio adecuado, período de descanso y nivel de fertilización, así como de su utilización con una determinada carga animal. Experiencias realizadas en el CATIE; Turrialba, Costa Rica, sobre el efecto de la presión de pastoreo sobre la tasa de crecimiento del pasto estrella (Cynodon nlemfuensis) se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Efecto de la presión de pastoreo sobre la tasa de crecimiento (kg de materia seca/ha/día) del pasto Estrella Africana (Cynodon nlemfuensis)*.

Días de descanso	Presión de pastoreo (kg materia seca/animal/día)				
	5	10	15	20	25
7	-1.4	4.3	9.0	12.8	15.7
14	6.6	10.5	13.4	15.5	16.6
21	11.8	13.9	15.1	15.4	14.7
28	14.3	14.6	14.0	12.5	10.1
35	14.0	12.5	10.2	6.9	2.7

* 7 días de pastoreo; 250 kg N/ha/año.

Cubillos et al, (1977).

En el Cuadro 1 se observan que altas presiones de pastoreo tienen un efecto negativo cuando son combinados con un corto período de descanso; debido a la imposibilidad de recuperación por falta de reservas. Períodos largos de descanso no afectan el crecimiento del pasto cuando la presión de pastoreo es alta, pero hay un efecto negativo cuando esta es baja; debido a la lignificación del material no usado anteriormente. Cuando se utiliza diversos niveles de fertilización se encuentra una rápida respuesta; sin embargo, altos niveles de fertilización acompañados de períodos largos de descanso disminuyen la tasa de crecimiento de la pastura. Figura 9.

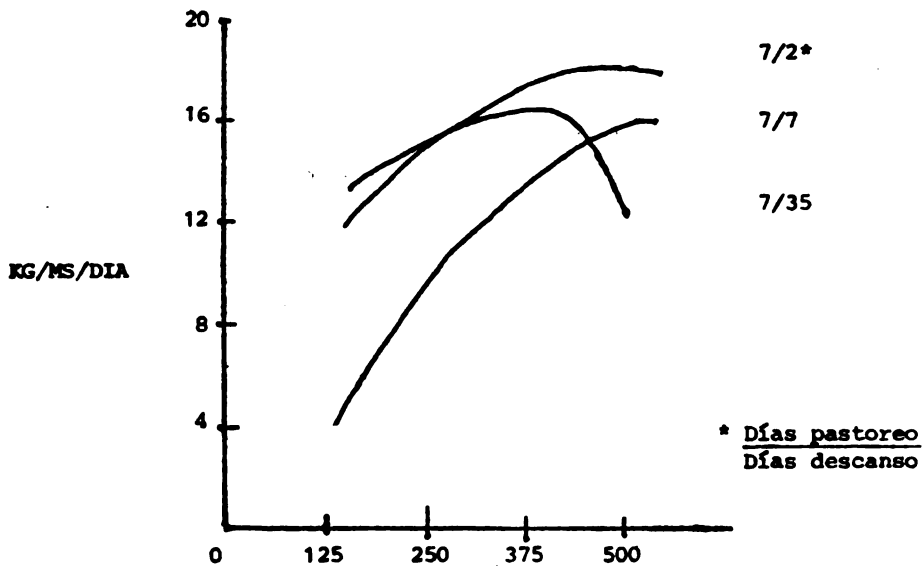


Figura 9. Efecto de la fertilización sobre la producción de pasto Estrella.

Experiencias realizadas sobre la producción de pasto Estrella en función de la fertilización, determinó una máxima tasa de crecimiento con 7 días de pastoreo y 21 de descanso con 250 kg de nitrógeno/ha/año. Así mismo, al

incluir el uso de la rotación diaria de los potreros se obtuvo una mayor carga, lo que redunda en un incremento del 30% en la producción de leche por unidad de área sin alterar la tasa de crecimiento.

Los animales presentes en la pradera deben ser seleccionados hacia la máxima eficiencia. En el hato del CATIE, la evaluación de diferentes tipos de animales y sus cruces durante 25 años ha permitido tener evidencias del comportamiento del Criollo X Jersey X Ayrshire, Cuadro 2.

Cuadro 2. Comportamiento de diferentes tipos de ganado bovino en el CATIE*.

Grupo racial	Intervalo de parto meses	Producción de leche kg/lactancia
Criollo (C)	12.6	1382 ± 600
Jersey (J)	12.7	2180 ± 510
C x J= F ₁	12.4	2221 ± 410
F ₁ x Ayrshire	13.2	2469 ± 460
F ₁ x Rojo Danés	13.0	2112 ± 470

* Alvarez, Deaton y Muñoz, 1977.

Otra de las consideraciones a tener en cuenta en un sistema es la economía, principalmente en lo que se refiere al ingreso; este se encuentra ligado a los componentes y sus relaciones con el sistema: tierra, animales, carga animal, producción y precio de venta; estas se pueden representar por:

$$\text{Ingreso} = \text{Tierra} \times \text{Carga animal} \times \text{Producción} \times \text{Precio de venta}$$

$$\begin{aligned} \$ &= \text{ha} \times \frac{\text{Ca}}{\text{ha}} \times \frac{\text{kg}}{\text{Ca}} \times \$/\text{kg} \\ &\quad \text{Producción por unidad de} \\ &\quad \text{área} \end{aligned}$$

La tierra y el precio de venta están limitados; el primero de ellos por el límite superficial y el segundo por el control de precios. Por lo que la forma de aumentar el ingreso estará dado por la máxima producción por unidad de área el cual, como se describe, tiene un límite de acuerdo a las condiciones ecológicas y las interacciones entre los componentes pasto y animal del sistema.

Uso de la información disponible

En varios lugares de la América Latina se tienen resultados concretos de investigación en diferentes áreas; sin embargo, su uso no está integrado como un todo, especialmente como un sistema de producción con características definidas que permitan su evaluación en el tiempo y posteriormente su extrapolación, con los ajustes necesarios, hacia otras regiones de condiciones similares en la que se lo definió. La Figura 10 describe esquemáticamente el sistema de producción de leche CATIE en Turrialba, Costa Rica. Este sistema ha dado resultados satisfactorios en diferentes áreas de Centroamérica; Costa Rica (Río Frío) y Honduras (San Pedro de Sula).

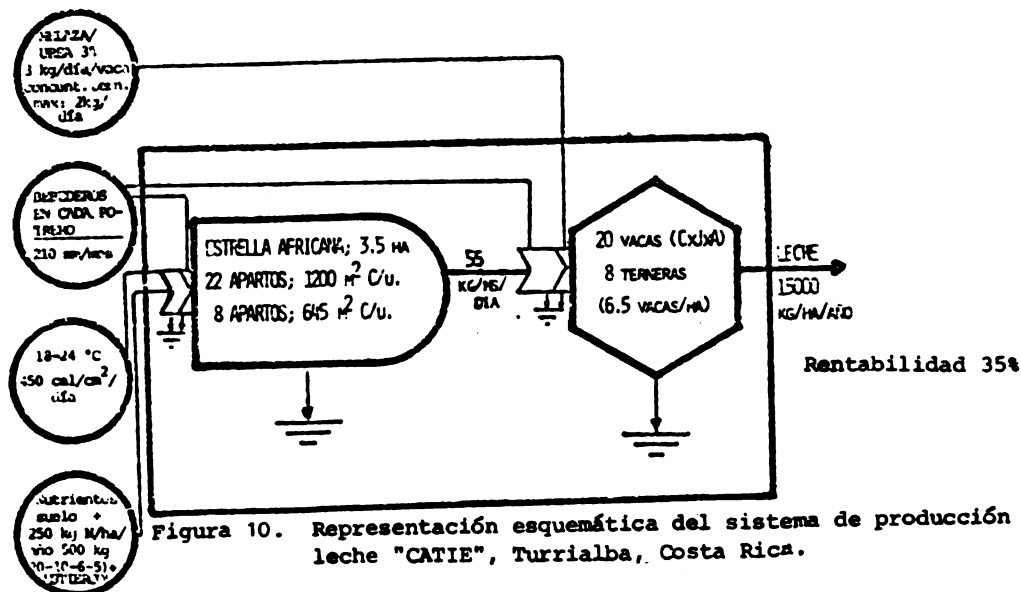


Figura 10. Representación esquemática del sistema de producción de leche "CATIE", Turrialba, Costa Rica.

BASES FISIOLÓGICAS PARA EL MANEJO DE PASTURAS TROPICALES

Víctor M. Mares Martins, M.Sc.

El manejo de las pasturas puede definirse como un conjunto de prácticas aplicadas al sistema suelo-planta-animal, que se orientan a controlar el crecimiento vegetal y el acceso de los animales a las pasturas, a fin de conseguir varios objetivos que pueden resumirse en: alto valor nutritivo de la pastura; alta o máxima productividad de la pastura; persistencia de la pastura; alto nivel del consumo del forraje producido y; alto producto animal por unidad de superficie.

El manejo de pastos está configurado por un conjunto de componentes, todos ellos, en mayor o menor grado, gobernados por el ganadero; sin embargo, en la aplicación de cualquier método de manejo se debe tomar en consideración aquellos factores no manejables que contribuyen a determinar el crecimiento y utilización del forraje. Entre los factores no directamente manejables en condiciones prácticas de utilización de las pasturas está la fisiología vegetal; el conocimiento de las variantes de este factor, de su interrelación con el medio ambiente y con el animal al pastoreo es un elemento fundamental a ser considerado en la toma de decisiones sobre el manejo de una pastura.

En cualquier sistema de pastoreo nos encontramos con una constante interacción entre el animal y la pastura que le sirve de alimento. Esta relación puede ser expresada como una interacción entre el animal y las características morfológicas y fisiológicas de las especies prateras; tales como la estructura de la cubierta vegetal; el hábito de crecimiento de las especies componentes de la pastura; los mecanismos de propagación y persistencia; la respuesta

a factores ambientales y la reproducción.

Los diferentes componentes del manejo de pasturas interactúan en mayor o menor grado con la fisiología de las plantas; algunas de estas interacciones como la producida con la oportunidad, frecuencia e intensidad de la defoliación, adquieren particular relevancia en la aplicación de sistemas de utilización orientados a maximizar los objetivos generales del manejo de pasturas.

FISIOLOGIA DE LAS PASTURAS

El valor nutritivo de las especies forrajeras es la resultante de la concurrencia de factores intrínsecos de la planta como son la composición química y la digestibilidad y de factores generados por la interacción entre el animal y la pastura, tal como el consumo voluntario y la eficiencia con la cual el rumiante utiliza la energía metabolizable ingerida.

Cada uno de estos elementos del valor nutritivo está influenciado por factores ambientales y por las características morfofisiológicas de las especies prateras. En términos generales, el valor nutritivo de las gramíneas tropicales es menor que el de las gramíneas de clima templado; las digestibilidades de los pastos templados y tropicales caen bajo curvas de distribución no normal, cuyas medidas suministran una diferencia de 2,8 unidades.

Basado en estudios que muestran la existencia de una alta correlación entre la digestibilidad de la materia seca y la temperatura y en las observaciones de la relación entre el contenido de fibra cruda y las tasas de transpiración de las plantas, se ha sugerido que la diferencia global entre las

especies de clima templado y las tropicales, en lo que a digestibilidad se refiere, puede deberse, al menos en parte, a ciertos factores climáticos, sin embargo, se encuentra que cuando ambos grupos de especies crecen bajo las mismas condiciones climáticas muestran valores similares de digestibilidad, inclinándose a pensar que las consistentes diferencias entre las digestibilidades de las especies tropicales y templadas, crecidas en sus ambientes correspondientes, se deben sobre todo a diferencias climáticas antes que a cualquier efecto del nivel de nutrición vegetal o del estado de crecimiento e incluso, a diferencias genéticas entre ambos grupos de especies.

Considerando sólo las especies tropicales, existen entre ellas importantes diferencias en composición química y digestibilidad, debido a la variabilidad dentro y entre especies, al efecto del estado de crecimiento y a las variaciones estacionales del valor nutritivo del forraje. Las diferencias existentes entre las diferentes especies y variedades tropicales en lo que respecta a su composición química y digestibilidad se atribuyen no solo a particularidades de cada especie o variedad sino también a su estado de desarrollo y a la fertilidad del suelo. El alto consumo de energía digestible de vacunos al pastoreo sobre Digitaria decumbens, puede referirse al alto contenido de carbohidratos solubles en este pasto, ya que su valor nutritivo tiende a decrecer lentamente, en comparación con otras especies, mientras que los contenidos de celulosa y lignina pudieran no aumentar significativamente con la edad. Ha sido sugerido que diferencias microanatómicas en la organización y estructura de las paredes celulares de tejidos similares, entre las diferentes especies forrajeras, afectan la magnitud de la degradación ruminal de la ingesta. Diferencias de la digestibilidad entre variedades de Cynodon dactylon

han sido atribuidas a peculiares formaciones celulares en el tejido vegetal de las variedades menos digeribles.

La edad fisiológica o estado vegetativo de los pastos es uno de los factores más importantes entre los que gobiernan la composición química y la digestibilidad de las especies pratenses, tanto tropicales como las de clima templado; este efecto se ejerce a través de los cambios ontogénicos, fisiológicos y morfológicos que acompañan al crecimiento y maduración de las plantas. Por ejemplo, se aportan evidencias de la influencia de los cambios ontogénicos sobre la composición química y digestibilidad de Panicum maximum var. Trichoglume, indicando que la posición de las hojas en un macollo parece afectar sus respectivas digestibilidades in vitro; Comparadas a una misma edad post emergencia, las hojas de formación posterior en la secuencia tenderán a ser menos digeribles que aquellas previamente formadas; también se encontró que el contenido de paredes celulares se incrementó progresivamente en hojas sucesivas en un macollo, por lo que se sugiere que los cambios en la composición del tejido, asociados con el nivel de inserción foliar, puede ser una característica general, al menos de las gramíneas. Un efecto similar se encuentra al evaluar la posición de la hoja de maíz sobre la digestibilidad y el contenido de paredes celulares. Así también la tasa de cambio del contenido de paredes celulares y la digestibilidad con la edad de la planta, parece diferir entre hojas de diferente nivel de inserción.

Otro cambio ontogénico de importancia en relación con la composición química y la digestibilidad del forraje es el de la senescencia foliar que se traduce, entre otros fenómenos, en una translocación de material proteico y no proteico desde las hojas senescentes a los tejidos meristemáticos. Por otro

lado las hojas senescentes muestran un valor de digestibilidad menor que el de las hojas jóvenes lo cual puede tener importancia práctica en el manejo de las pasturas, si es que el sistema de utilización permite la acumulación de material envejecido, de baja aceptabilidad por el ganado.

Procesos ontogénicos del desarrollo, como la floración, afectan significativamente la composición química y la digestibilidad de los forrajes. A medida que la planta crece y madura hay un aumento en el rendimiento de materia seca, pero al mismo tiempo hay también un incremento en el contenido de fibra cruda, fibra total o fibra neutra detergente, lignina y celulosa, mientras que ocurre una disminución en el contenido de proteína y en la digestibilidad; por otro lado, el desarrollo vegetal trae consigo cambios morfológicos que contribuyen a la disminución del valor nutritivo de los forrajes maduros. Un cambio importante es la disminución de la relación hoja/tallo asociada a la disminución de la digestibilidad en plantas maduras.

La diferente tasa de pérdida de digestibilidad de las diferentes fracciones vegetales y los cambios en las proporciones entre estas distintas fracciones, contribuyen en la explicación de la declinación de la digestibilidad en los pastos con el avance de su edad fisiológica y las diferencias interespecíficas e intervarietales.

Todos los cambios descritos interactúan entre sí para dar como resultado al hecho general de que a medida que el desarrollo avanza, los pastos sufren variaciones sustanciales en su composición química, los que afectan negativamente su valor nutritivo. Asimismo, a consecuencia de estos cambios, la digestibilidad de los pastos disminuye significativamente a medida que el primer

crecimiento o el rebrote avanza.

Existen también diferencias en el valor nutritivo determinados por la época del año y por el estado de fertilidad del suelo. El primero de estos puede relacionarse con los efectos que el clima tiene sobre la composición química, la digestibilidad y la relación hoja/tallo. La digestibilidad de nutrientes minerales en el suelo puede modificar el nivel de digestibilidad de la materia seca, como ocurre con el suministro de Nitrógeno, el cual puede actuar modificando la composición química o la magnitud y tendencia de procesos ontogénicos tal como la senescencia. Los efectos del azufre, como fertilizante, sobre la digestibilidad de la Digitaria decumbens son de un incremento en el contenido de fibra detergente ácido y lignina.

PRODUCTIVIDAD Y FISILOGIA DE LAS PASTURAS

La producción de materia seca de una pradera, expresada en términos de la cantidad de pasto crecido y que llega a ser realmente cosechada, ya sea al corte o por el animal al pastoreo, está determinada por una serie de procesos fisiológicos; unos contribuyen a la formación de material vegetal y otros retardando la formación e impidiendo la acumulación de lo crecido.

Los procesos formadores de biomasa son el crecimiento no fotosintético, a partir de las reservas del vegetal y la fotosíntesis. Entre los otros procesos se encuentran la fotorespiración y la senescencia; esta última acompañada de la muerte y descomposición del material vegetal. El crecimiento no fotosintético ocurre en circunstancias tales como la germinación, cuando aún no hay tejidos fotosintetizadores funcionales y durante el rebrote subsecuente a una defoliación, cuando el tejido fotosintético remanente no es suficiente

para cubrir las demandas del crecimiento. La fuente primaria de energía de reserva para el crecimiento de las gramíneas perennes son los carbohidratos no estructurales almacenados en los órganos vegetativos. En las gramíneas tropicales las reservas están constituidas fundamentalmente por almidón y sucrosa, mientras que en las gramíneas de clima templado es la fructosa.

Los variados y pronunciados efectos de la defoliación sobre las plantas forrajeras deben ser considerados en cualquier discusión de la fisiología de las gramíneas y leguminosas usadas como forraje. En estas circunstancias, defoliación significa la remoción de variables cantidades de tejido aéreo, incluyendo porciones de hojas, vainas y tallos. El crecimiento y desarrollo de todos los tejidos y órganos de la planta y en consecuencia su productividad y resistencia son afectados por la defoliación.

Un hecho establecido es que las defoliaciones muy intensas, muy frecuentes o muy tempranas determinan disminuciones en el rendimiento de las pasturas, lo que ocurre por agotamiento de las reservas preexistentes, los que no son oportunamente reemplazados por un nuevo substrato, ya sea por insuficiencia de la tasa fotosintética, o por obstáculos en la translocación de substrato desde el sistema fotosintetizador hacia las raíces y la base del tallo.

El crecimiento que una planta puede hacer a partir de sus reservas acumuladas es limitado; el único período en que los metabolitos acumulados contribuyen significativamente al crecimiento es en los primeros días subsiguientes a una defoliación. Esto significa que la tasa y magnitud del rebrote dependerá de las reservas en los primeros días y de la cantidad y tipo de superficie foliar remanente luego de la defoliación. La contribución relativa

de la fotosíntesis actual y de los carbohidratos acumulados en el nuevo crecimiento y respiración depende de la magnitud de la fotosíntesis actual, en base del área foliar residual y del tipo de hoja remanente. Las hojas en diferentes estados de desarrollo difieren en sus tasas fotosintéticas y en el destino del material fotosintetizado; en el caso de hojas expandidas, es trasladado a las raíces de la base del tallo, mientras que en el caso de hojas en expansión parece ser utilizado en el crecimiento de la propia hoja, bloqueándose la traslocación a otros puntos de crecimiento. Esto explica que períodos cortos de rebrote no permiten alcanzar el número constante de hojas completamente expandidas que cada macollo tiene así como un índice de área foliar no satisfactoria, lo que puede traducirse en tasas reducidas de crecimiento que redundarán en baja productividad; por otro lado las defoliaciones muy intensas y frecuentes afectan no solo la eficiencia fotosintética y la reposición de reservas, sino también el crecimiento y período de vida del sistema radicular, afectando la absorción de nutrientes.

La eficiencia fotosintética de las pasturas, cuando otros factores no son limitantes, depende de la luz y de la medida en que esta es interceptada por la cobertura vegetal; esta interceptación depende del Índice de Área Foliar (IAF), el que se define como la relación del área foliar a la unidad de área o superficie de suelo ocupado por las plantas. Una pastura en establecimiento o en rebrote después de una defoliación intensa, con bastante espaciamiento entre plantas, será capaz de utilizar solamente una pequeña parte del total de la iluminación que cae sobre ella; a medida que la pastura crece, mayores cantidades de luz son interceptadas por el tapiz vegetal hasta que finalmente toda la luz incidente es interceptada por la pastura reduciendo a prácticamente cero la incidencia de luz sobre el suelo.

Si todas las hojas estuvieran recibiendo suficiente luz y no actuara otro factor limitante (como agua, concentración de CO_2 , minerales o temperatura) la pastura crecería a la mayor tasa posible; sin embargo, a medida que el IAF aumenta (densidad de la pastura), las hojas de los estratos inferiores no reciben suficiente luz, disminuyendo su eficiencia fotosintética y haciéndose más estrecha la relación fotosíntesis/fotorespiración, con lo cual la tasa de crecimiento disminuye, alcanzando un valor tope. Finalmente las hojas inferiores senescen y se llega a un punto en el cual la tasa de muerte de hojas iguala a la tasa de emergencia foliar; en este momento, independientemente de la tasa de descomposición de biomasa, el mayor rendimiento de forraje verde será alcanzado.

Se postulan dos modelos para explicar la relación entre la tasa de crecimiento de la pastura y el índice de área foliar. En el primer modelo, la tasa de crecimiento de la pastura alcanza un máximo de IAF óptimo, en el cual, la mayor parte de la luz incidente es interceptada por la pastura y la relación fotosíntesis/respiración es máxima; cuando el IAF aumenta más allá del valor óptimo, la tasa de crecimiento disminuye a consecuencia de la sombra en los estratos inferiores de la pastura, lo que ocasiona que la respiración en los estratos basales de la pastura supere a la fotosíntesis en esos mismos estratos; la tasa de disminución del crecimiento depende de la cantidad de follaje que caiga debajo del punto de compensación lumínica. De acuerdo con este modelo, el IAF óptimo es variable, siendo menor a menores niveles de luz incidente; esto significa que en áreas de alta luminosidad el potencial de crecimiento es mayor por permitir un IAF más alto.

En el segundo modelo, aparentemente no existe un IAF óptimo sino que una

vez que el IAF crítico es alcanzado (la mayor parte de la luz incidente es interceptada por la pastura) la tasa de crecimiento de la pastura parece ser independiente del IAF y permanece relativamente constante incluso a altos valores del IAF.

La aparente discrepancia entre ambos modelos se atribuye a variaciones en la tasa respiratoria y en la tasa de senescencia a consecuencia de factores ambientales como la temperatura.

La morfología y hábito de crecimiento de las especies pratenses tienen una gran influencia sobre la interrelación entre la defoliación, el IAF remanente y crítico (u óptimo) y la capacidad de intercepción lumínica del tapiz vegetal. Interactuando con el sistema de manejo impuesto, la morfología de la pastura y su hábito de crecimiento influyen sobre la productividad; así, bajo regímenes de defoliación frecuente, las especies de hábitos de crecimiento postrado, de hojas cortas, son más productivas que las especies erectas, de hojas largas. La razón de esto estriba en el hecho de que el IAF residual en las especies postradas es mayor que en las erectas, quedando mayor cantidad de hojas expandidas y puntos de crecimiento indemnes luego de la defoliación; también, las especies postradas tienen coeficientes de extinción lumínica más altos, presentando en consecuencia valores más bajos de IAF crítico, lo que les permite alcanzar más rápidamente los valores tope de tasa de crecimiento; Adicionalmente, el ser postrados evita que el pastoreo, aunque frecuente, sea también intenso. La frecuencia e intensidad del pastoreo son complementarios o aditivos, si se reduce la severidad de uno de los factores se atenúa la severidad del otro.

En contraste con las especies postradas, las especies erectas, de hojas largas, son más productivas bajo un régimen de defoliación infrecuente o poco intensa.

Otra característica morfológica en relación con la interceptación lumínica es el ángulo de las hojas; las gramíneas por tener hojas más verticales tienen coeficientes de extinción lumínica más bajos que las leguminosas y por lo tanto requieren de IAF mayores para interceptar la luz incidente.

PERSISTENCIA Y FISILOGIA DE LAS PASTURAS

Una de las características más importantes de una pastura remanente es su persistencia. Fisiológicamente no hay ninguna razón por la cual una pradera, formada por especies perennes, no sea prácticamente imperecedera; depende entonces su persistencia de los factores de manejo y de la interacción de estos con las características fisiológicas y los mecanismos de persistencia de las pasturas.

Una pastura perenne puede ser considerada teóricamente como una población potencialmente imperecedora, formada por plantas individuales perecibles, los que se propagan continuamente a través de algún mecanismo fisiológico diferente de la propagación sexual o reproducción. Estos mecanismos son varios; en gramíneas de clima templado el macollamiento constituye un importante mecanismo de perpetuación de las praderas permanentes; en las especies de zonas tropicales adquieren preponderancia los mecanismos de propagación basados en la elongación de tallos no reproductivos, con capacidad de enraizamiento y generación de crecimiento aéreo. Estos tallos elongados constituyen los estolones

y los rizomas, los que son fundamentalmente homólogos de los macollos, siendo la elongación de los entrenudos basales la que da origen al hábito de crecimiento estolonífero.

La unidad morfológica básica de las gramíneas es el macollo que es una ramificación que se origina a partir de una yema auxiliar en la base del tallo; para muchas de las especies perennes, el macollo es el órgano de perpetuación. En las gramíneas, los macollos pueden ser vegetativos siendo entonces estériles; sexualmente hablando pueden convertirse en reproductivos, dando lugar a una inflorescencia. La relación de macollos reproductivos a vegetativos varía entre especies y variedades y es influenciada por el ambiente y el manejo. En general, las especies anuales tienen una proporción mayor de macollos reproductivos que las especies perennes.

Los macollos pueden emerger de la vaina foliar circundante en uno de los dos modos que se describen a continuación: 1) el crecimiento del macollo puede ser vertical hacia arriba (apogeotrópico) en cuyo caso, se encuentra íntimamente asociado con el tallo axial parental y permanece encerrado dentro de la vaina foliar en cuya axila se desarrolla, hasta que emerge por la parte superior; este crecimiento es conocido como ramificación intravaginal y es característicos de las especies que crecen en ramos o manojos; 2) el crecimiento del macollo puede ser postrado (diageotrópico), en cuyo caso este emerge a través de la vaina circundante en un modo conocido como ramificación extravaginal; este crecimiento es propio de las especies rizomatosas y estoloníferas.

El patrón de crecimiento del macollo o tallo lateral y la magnitud de la elongación de los entrenudos basales determina entonces las diferencias en

hábitos de crecimiento entre las diferentes especies. En todas las especies anuales y en muchas de las perennes de clima templado, no hay elongación de los entrenudos del tallo durante el crecimiento vegetativo, en consecuencia el ápice del tallo permanece debajo de la altura de corte o pastoreo y continúa produciendo nuevas hojas y macollos. De esta forma se produce un intenso macollamiento, dando como resultado el característico crecimiento focalizado, en manojos.

Aunque la raíz seminal es percedera, la persistencia de la sucesión de macollos se asegura mediante las raíces adventicias que se originan en los nudos; en algunas especies erectas, como Panicum virgatum por ejemplo, la elongación de los entrenudos ocurre mientras el meristema apical se encuentra todavía en estado vegetativo, como resultado, el ápice es elevado sobre la altura de corte o pastoreo y su renovación restringe el crecimiento foliar y disminuye el macollamiento en ese tallo. En otras especies, como es el caso de muchas gramíneas tropicales, se produce la elongación de los entrenudos del talluelo vegetativo, el que en lugar de crecer erecto, adopta un crecimiento postrado dando origen a los estolones.

Los estolones forman raíces en los nudos y dan origen a hijuelos o macollos, los que crecen erectos por un período corto de tiempo, convirtiéndose luego en nuevos estolones. Típicas especies estoloníferas tropicales son Axonopus compressus y Digitaria decumbens. Este hábito de crecimiento pone todos los puntos de crecimiento axilares y muchos de los apicales debajo del nivel de defoliación y sirve a la vez, como un eficiente método de propagación vegetativa y de exploración del suelo por agua y nutrientes.

Por otro lado, si el ápice del talluelo muestra geotropismo vegetativo, la elongación es subterránea y se originan los rizomas a partir de los cuales se originan tallos aéreos. Ejemplo de especies rizomatozas son Pennisetum purpureum, Cynodon dactylon y Pennisetum clandestinum; estas dos últimas especies poseen también estolones. Aunque el hábito de crecimiento rizomatoso sirve también para la propación vegetativa y la exploración del suelo, como los estolones, cumple además otras dos importantes funciones: permite la acumulación de hidratos de carbono de reserva en los rizomas y coloca algunos puntos de crecimiento bajo el nivel del suelo, con lo cual estos se protegen más efectivamente contra la sequía o la quema, contribuyendo efectivamente a la perennización de las praderas. Sin embargo, las especies rizomatozas no pueden ser tan resistentes al pastoreo intenso, como las estoloníferas, ya que el tejido remanente luego de la defoliación no es fotosintetizador y el rebrote depende básicamente de las reservas.

Aunque el hábito de crecimiento de las pasturas es una característica específica, esta puede ser modificada según el sistema de manejo impuesto sobre la pastura; por ejemplo, el *Lolium perenne*, que normalmente es una especie de crecimiento erecto, puede asumir un crecimiento entolonífero bajo un pastoreo intensivo. Sin embargo, todas las especies muestran la misma capacidad de adaptación físico-morfológica a los diferentes regímenes de manejo, siendo en parte a consecuencia de la versatilidad en que unas son más persistentes que otras.

Los factores del manejo del pastoreo interactúan con las características morfológicas y fisiológicas que determinan la perpetuación de las praderas; entre estas interacciones son particularmente importantes las que se suscitan

con la frecuencia, intensidad y oportunidad del pastoreo y las que ocurren con el efecto de pisoteo que el animal ejerce sobre la pastura. Se considera que las especies de crecimiento erecto deben ser defoliadas a una altura de rastrojo no menor de 15 a 20 cm sobre el suelo, mientras que las especies postradas son generalmente defoliadas a unos 5 cm del suelo.

Las diferentes especies reaccionan de diferente modo a la altura y frecuencia de defoliación, que son factores asociados e interactuantes; por ejemplo, se han encontrado severas reducciones en el rendimiento de Pennisetum purpureum cortado a 7.5 cm cada 4 semanas, comparado con cortes de cada 12 semanas, en igual forma la Digitaria decumbens no mostró tendencia adversa cuando se compararon cortes a 15 y 5 cm sobre el nivel del suelo, a una misma frecuencia de defoliación. El factor clave en la respuesta al régimen de defoliación parece ser la cantidad de hojas y yemas indemnes remanentes después del pastoreo, lo que está fuertemente influenciado por el hábito de crecimiento, la presencia o ausencia de elongación temprana de entrenudos y la medida en que una eficiente área foliar pueda ser restituida durante el intervalo entre pastoreos; si la respuesta al régimen de defoliación impuesto es negativa, se afecta en primera instancia la productividad y luego la persistencia de las praderas.

La morfología y el pisoteo también interactúan; las especies erectas son menos tolerantes al pisoteo frecuente y prolongado, mientras que las especies de crecimiento postrado y/o estolonífero pueden verse beneficiados por el pisoteo, el que puede favorecer la propagación vegetativa de las plantas. En relación con el pisoteo es importante también la ubicación relativa, al nivel del suelo, de los puntos de crecimiento; la competencia entre los

diferentes componentes de la pradera, básicamente por luz, es otro factor a considerar en el manejo, por cuanto un intervalo de pastoreo muy largo podría perjudicar a la especie de menos crecimiento relativo o de crecimiento más postrado.

En algunas especies como Hyparrhenia rufa, el mecanismo fisiológico de persistencia de las praderas parece ser la reproducción sexual y la producción anual de una cantidad importante de semilla gámica viable; en estos casos el régimen de manejo debe favorecer la formación de inflorescencias y el semillamiento de las especies dependientes de este mecanismo, a fin de garantizar la resiembra natural que perennice la pastura.

NIVEL DE CONSUMO DEL FORRAJE PRODUCIDO

Hay cuatro factores que gobiernan la producción animal en pasturas tropicales: al crecimiento de la pastura; el valor nutritivo del forraje; el consumo voluntario por animal y la cosecha de forraje por los animales al pastoreo. Estos factores están interrelacionados entre sí y con las características morfológicas y fisiológicas de la pastura.

La relación entre el consumo voluntario y el comportamiento del animal como cosechador de forraje ha sido establecido mediante una ecuación, la que representa el consumo (C) como resultante de la acción del tiempo que el animal dedica al pastoreo (T), el número de bocados por unidad de tiempo (R) y el tamaño de cada bocado (S). La relación es:

$$C = T \times R \times S$$

Se considera que el tamaño del bocado es uno de los principales determinantes del consumo; por lo que muchas pasturas tropicales ofrecen dificultades

para la satisfacción de los requerimientos nutricionales de los vacunos al pastoreo, notándose que estas emergen de la particular estructura de la cobertura vegetal, la que no favorece la eficiente cosecha por el animal y no necesariamente de la disponibilidad, que junto con la accesibilidad, son las mayores determinantes de la calidad y cantidad de forraje consumido por el animal.

En diversos estudios, orientados a determinar el efecto de la estructura de la cobertura vegetal sobre el consumo, se ha encontrado que la densidad de la pradera, la relación hoja/tallo y la relación altura/hoja, es decir una alta densidad de hojas y un bajo contenido de tallos, son los principales factores que influyen sobre el tamaño del bocado. Por ejemplo en Chloris gayana y Setaria anceps a medida que se precedía el rebrote hasta las 8 semanas, el tamaño promedio de bocado disminuyó de 0.27 gr MO/bocado, a las 2 semanas de rebrote a 0,15 gr MO/bocado a las 6-8 semanas, esto se produce independientemente del aumento marcado en el rendimiento de forraje. El rango de variación encontrado en diversas especies varió de 0.05 gr a 0.60 gr MO/bocado.

Estudios de la distribución espacial del forraje en pasturas tropicales a pesar de mostrar rendimientos mayores que las pasturas templadas, poseen en general una menor densidad, expresada en kg/ha/cm, lo que dificulta la prehensión por los animales de cantidades grandes de material vegetal. El rango de variación de la densidad de las pasturas tropicales va de 14 a 200 kg/ha/cm mientras en pasturas de clima templado ese rango varía entre 160-410 kg/ha/cm; asimismo, la densidad foliar en los estratos altos de la pastura es menor en las especies tropicales que en los de clima templado.

Estudios en el comportamiento de animales al pastoreo sugieren que la producción animal en el trópico puede ser mejorada mediante:

La utilización de especies de alta densidad foliar que sean más fáciles de ser cosechadas por el animal; prácticas de manejo, como la fertilización, que produzcan pasturas densas; prácticas de manejo del pasto que mantenga las pasturas tan cerca como sea posible del punto óptimo en términos de facilidad de prehensión. Sin embargo, en todos los casos el manejo debe procurar mayores índices de área foliar y mayores proporciones hoja/tallo.

CONSIDERACIONES PRACTICAS EN EL ESTABLECIMIENTO DE PASTURAS TROPICALES

Víctor M. Mares Martins, M.Sc.

El desarrollo de técnicas de mejoramiento de pasturas en las regiones tropicales enfrenta aun el problema de las dificultades que el establecimiento de praderas ofrece.

El establecimiento de pasturas en el trópico puede ser analizado bajo las circunstancias siguientes: establecimiento de pasturas cultivadas e introducción de especies exóticas en el tapiz natural.

ESTABLECIMIENTO DE PASTURAS CULTIVADAS

El establecimiento de pasturas cultivadas en el trópico enfrenta las situaciones preexistentes de reemplazo del bosque tropical por pasturas y reemplazo de praderas naturales por pasturas cultivadas.

En el caso de reemplazo del bosque por pasturas se requiere de la cuidadosa consideración de los siguientes factores: método de desmonte, grado de desmonte, oportunidad del desmonte y especie de pasto a sembrar.

Algunos métodos de desmonte pueden ocasionar serios daños a la capa arable del suelo, provocando su destrucción y remoción por arrastre; este es el caso frecuente cuando se utiliza maquinaria pesada. El grado de desmonte es importante por cuanto debe responder a la necesidad de conservar ciertos recursos como a la de maximizar la producción.

Los rendimientos máximos de forraje se alcanzan a partir del 93% de desmonte por lo que se sugiere dejar unos seis árboles por ha; así mismo es

importante considerar que los animales al pastoreo requieren de árboles de sombra en los potreros; en otros casos será necesario dejar ciertos árboles para disponer de cortinas rompevientos o prevenir la erosión en terreno con pendientes.

La oportunidad del desmonte depende de la estacionalidad de las lluvias, ya que generalmente es necesario secar y quemar el bosque cortado. La especie a sembrar, luego del desmonte, es un factor importante en la consecución de un buen establecimiento; considerando que luego del desmonte existe una fuerte competencia, generada por el rebrote y crecimiento de especies arbustivas, es imprescindible utilizar una especie vigorosa, de rápida germinación y desarrollo, adaptada a las condiciones edáficas.

Las especies que se establecen a partir de semilla gámica de relativamente alto poder germinativo y viabilidad, parecen ser preferibles a aquellas que requieren de material vegetativo, como colonizadores. La Hyparrhenia rufa es una de las especies utilizadas exitosamente en el trópico Sudamericano; Andropogon guyanus var. bisquamulatus es un agresivo colonizador en suelos que hayan tenido cierto grado de preparación, siendo adaptable a un amplio rango de condiciones edáficas. Melinis minutiflora, Panicum maximum var. tichoglume, Paspalum dilatatum y Chloris gayana son especies capaces de establecerse en terrenos nuevos, recién demontados, debiendo considerarse la disponibilidad de semillas, su valor para la producción animal, persistencia, y producción.

Reemplazo de pasturas naturales por pasturas cultivadas

Entre las alternativas de mejoramiento de las pasturas naturales en el

trópico, está el reemplazo de estas por pasturas cultivadas de mayor productividad. Los aspectos y problemas a ser considerados en la realización de esta alternativa son métodos de preparación de tierras; control de la vegetación; enmiendas y fertilización; especies y densidades de siembra; técnicas de siembra y manejo durante el establecimiento.

El método de preparación de tierras es un factor importante. La forma tradicional de preparación mecanizada, que consiste en pasar dos o tres veces la rastra de discos o en la aradura seguida del paso de la rastra, puede resultar muy costosa y conducir a serios problemas de erosión y pérdidas de grandes cantidades de suelo en terrenos con pendientes; como alternativas se tiene métodos de no labranza o mínima labranza, asociados a diversos métodos de control o eliminación de la pastura nativa, tales como el uso de herbicidas, fuego, corte mecánico o pastoreo intenso. Un método que da resultados satisfactorios, en Colombia, es el empleo de rotocultivadores, sin embargo se presentan ciertos conflictos entre el grado de humedad del suelo que estas requieren para trabajar eficientemente y la conveniente para impedir el rebrote del material cortado, por lo que se sugiere trabajar al inicio o al final de la estación lluviosa.

Cualquiera que sea el método utilizado, este debe minimizar los riesgos de erosión, garantizando al mismo tiempo una adecuada estructura física del suelo y la capacidad de este de proporcionarle a la semilla, humedad y nutrientes para una rápida germinación y desarrollo. Así mismo, el método de preparación debe tender a controlar las malezas, las que de otro modo competirán con las especies sembradas.

Enmiendas y fertilización. Dos condiciones típicas de los suelos tropicales son la baja fertilidad y la acidez del suelo. Estos factores se pueden corregir mediante la aplicación de fertilizantes y cal al suelo; sin embargo, es importante considerar que oportunamente muchas de las especies tropicales más productivas están adaptadas a estas condiciones, siendo muy eficientes en la utilización de nutrientes como fósforo y tolerantes a la acidez y altos niveles de aluminio intercambiable en el suelo, lo que significa que una alternativa viable a la modificación del suelo es la selección de especies tolerantes.

Especies y densidades de siembra. Al decidir el establecimiento de praderas cultivadas es importante considerar la especie más adecuada a las particulares condiciones de suelo y del sistema de producción del cual forma parte la pastura; adicionalmente existe una gran cantidad de especies y variedades bien adaptadas a las condiciones tropicales.

Especies como Brachiaria decumbens, Digitaria decumbens, Cynodon plectostachyus, etc., deben recibir prioritaria consideración junto con Stylosantes sp, Desmodium sp, Pueraria y Macroptilium atropurpureum, entre las leguminosas. Entre las nuevas especies indicadas como importantes para el trópico destaca Andropogon gayanus.

La densidad de siembra requiere cuidadosa atención, y debe ser decidida en función de la disponibilidad de semilla, la pureza y viabilidad de ésta y el grado de preparación del suelo.

Técnicas de siembra. Incluye decisiones sobre la forma de distribución de la semilla, sea esta gámica o vegetativa. La asociación de técnicas de la

siembra con la fertilización, tratamientos de la semilla, como escarificación o peletizado, inoculación de semillas de leguminosas y otras ayudas a la germinación, establecimiento.

Manejo durante el establecimiento. El objetivo mayor del manejo, después de la emergencia de las plantulas, es asegurar el buen establecimiento y productividad posterior de las pasturas.

El pastoreo durante el establecimiento debe decidirse en función de las tasas de crecimiento de las especies componentes, su fisiología (ejem.: tendencia a producir macollos reproductivos en el primer año), de su reacción al pastoreo (ejem.: grado de enraizamiento), su palatabilidad relativa y el grado de competencia de las malezas presentes.

INTRODUCCION DE ESPECIES EXOTICAS EN PASTURAS NATURALES

Una de las alternativas para el mejoramiento de pasturas naturales es la introducción de especies, generalmente leguminosas, que eleven su productividad; como en los casos anteriores, es necesario considerar cuantas especies se quieren introducir, su adaptación y compatibilidad, así como la técnica de siembra.

Las especies a ser introducidas deben ser adaptadas a las condiciones de suelo y de manejo del sistema de producción. Además deben ser capaces de prosperar en asociación con la especie natural, teniendo habilidad para propagarse y persistir en el potrero.

En la técnica de siembra debe considerarse factores tales como el grado de alteración del suelo (escarificación), métodos de deposición de las semillas

en el terreno (voleo aviones); oportunidad de siembra; tratamientos de la semilla para promover su rápida germinación y desarrollo (escarificación, peletizado); disposición del fertilizante (antagonismo entre superfosfato e inóculo en leguminosas templadas), métodos de control de la vegetación natural (quema, corte, herbicidas, pastoreo) para reducir el nivel de competencia por luz, agua y nutrientes con los brotes y manejo del pastoreo en la fase de establecimiento.

EL COMBATE DE MALEZAS EN POTREROS

Myron Shenk, M.S.

INTRODUCCION

Existe gran información sobre las malezas que causan grandes pérdidas en cultivos anuales; sin embargo, los daños que ocasionan en los potreros son menos reconocidos. Además de reducir la cantidad de forraje de una pradera, las malezas pueden causar heridas al ganado e intoxicaciones, produciendo en algunos casos la muerte del ganado.

En los potreros naturales las malezas han formado una parte integral de la composición botánica desde hace muchos años; sin embargo, con un mal manejo del área de pastoreo, la tendencia es que las especies indeseables predominen cada año. En igual forma, en los potreros mejorados es común comenzar con potreros sin malezas; sin embargo, de no haber control durante varios años, este se encuentra invadido de malezas.

Para controlar la invasión de malezas en un potrero es necesario conocer cómo y por qué lo invaden.

CAUSAS DE INVASION DE LAS MALEZAS

La causa principal de la invasión de malezas es el sobrepastoreo. Este es más común en épocas secas y como consecuencia se suele observar una mayor invasión de malezas al iniciarse las lluvias, especialmente después de una sequía

prolongada. Normalmente el ganado no come las especies que constituyen el problema más serio, por lo que el sobre pastoreo deja al pasto sin reservas, no pudiendo recuperarse más rápido que las invasoras, lo cual permite que las malezas crezcan con poca competencia del pasto al iniciar las lluvias.

Por lo anterior se puede mencionar que el mal manejo de un potrero es la causa principal de la invasión de malezas, por lo que el combate más efectivo de ellas será un buen manejo del potrero.

Otros factores que se deben considerar en el desarrollo de las malezas son las condiciones que desfavorecen el crecimiento de un pasto específico, tal como el mal drenaje, suelos ácidos o alcalinos. Otro problema es el uso de pastos que no son adaptados a las condiciones de la región. En tales casos, el pasto no se recupera bien después de un pastoreo.

MÉTODOS DE COMBATE DE MALEZAS EN POTREROS

Tradicionalmente se tiene tres métodos de combate de malezas en los potreros: cultural, mecánicos y químicos. A estos se puede agregar el combate biológico e integral.

Métodos culturales

Cualquier práctica que favorezca al pasto y que lo ayude a competir y predominar sobre las malezas es una forma de combate cultural. Uno de los más importantes es el manejo del potrero, lo cual incluye no exceder la capacidad de carga animal, practicar la rotación y descanso adecuado de los potreros y el corte de las malezas después del pastoreo o cada cierto tiempo.

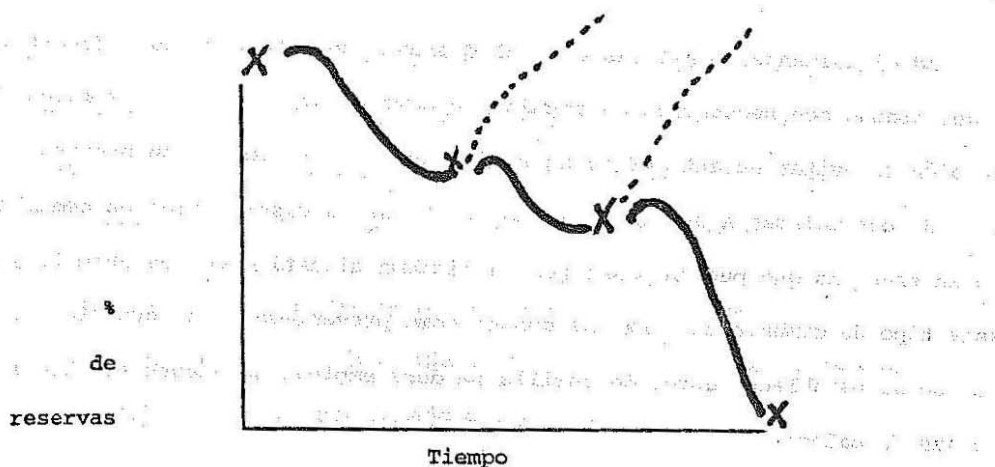
Adicionalmente, prácticas como el drenaje, encalado, riego y fertilización, cuando son necesarios se consideran como combate cultural de malezas. También el evitar durante 48 horas el ingreso de animales de un potrero infestado con malezas a uno no infestado previene la diseminación de semillas de malezas las que pueden pasar por el sistema digestivo de los animales, este tipo de combate cultural se conoce como preventivo. De igual forma, cuando se establece pastos de semilla se debe emplear solamente semilla libre de las de malezas.

Métodos mecánicos

El control mecánico de malezas en potreros es lo más común e incluyen el arranque a mano, uso de machete, hacha, cultivador o arado, quema, asfixia, rodillo mecánico, cadenas entre dos tractores pesados y tractor de orugas. Generalmente, no todos los métodos enunciados anteriormente logran destruir por completo las malezas ni las semillas que se encuentran en el suelo.

El propósito del control de malezas con estos métodos es la destrucción inmediata de las plantas mismas; además, con malezas perennes se espera agotar los órganos de almacenamiento o de reservas y evitar el desarrollo por propagación vegetativa. En la siguiente figura se muestra el fenómeno de agotamiento de reservas en plantas perennes.

Después del corte de una planta perenne, su rebrote depende de sus reservas, por lo que cortes sucesivos agotan su capacidad de rebrote, cuando la planta rebrota lo suficiente para abastecer sus necesidades metabólicas, comienza a acumular más reservas. Como regla general, una planta llega al punto



X = corte o combate químico

--- = cantidades de reservas acumuladas si no se hace el debido control subsiguiente.

Figura 1. Agotamiento de reservas en plantas perennes.

de auto-abastecimiento cuando ha logrado del 25 a 30% de su follaje original; por lo que es importante repetir un combate en este momento y evitar que la planta logre acumular la cantidad original de reservas. Sin embargo, en algunas ocasiones un control inadecuado resulta en un estímulo fisiológico, el que puede resultar en mayores reservas de la original.

Métodos químicos

Dentro de los métodos químicos se considera el uso de los herbicidas. Los primeros productos utilizados por el hombre en la destrucción de las malezas fueron la sal común, el ácido sulfúrico y los residuos de fundición; la era moderna de los herbicidas comenzó con el descubrimiento del 2,4D.

CLASIFICACION DE LOS HERBICIDAS

Existen numerosas clasificaciones de los herbicidas, pero todas ellas se basan en los efectos sobre las plantas y la manera como actúan. Una clasificación de uso generalizado es la siguiente:

A. Por su efecto

1. Selectivos: actúan sobre determinadas especies sin causar daño a otras.
2. No selectivos: matan toda clase de vegetación con la que se ponen en contacto.

B. Por la forma en que actúan

1. Sistémicos: son sustancias químicas, que al ser aplicadas al follaje son absorbidas a través de los vasos conductores, moviéndose a los sitios de actividad bioquímicos en la planta, produciendo trastornos fisiológicos que determinan la muerte. Estos se clasifican en dos grupos:

a) Herbicidas para malezas de hoja ancha: los más conocidos de este grupo son los derivados del ácido fenoxiacético, 2,4D, y 2,4,5-T, los benzoicos (dicamba) y el ácido picolínico.

b) Herbicidas para gramíneas (hoja angosta): comprende los ácidos alifáticos; TCA (ácido tricloracético) y dalpon (ácido 2-2 dicloropropiónico); este último es más efectivo por ser más traslocable y de acción localizada.

Algunos herbicidas como el glifosfato son de acción mixta, es decir,

son efectivos en las dos clases de malezas (hoja ancha y hoja angosta).

- c) De contacto: son aquellos que actúan directamente sobre el follaje, causando la muerte de los tejidos por acción "quemante" o "desecante"; comprende dos grupos:
- a. De contacto general: destruyen todo tipo de vegetación con la cual se haga contacto. El parquat es el más conocido de esta clase.
 - b. De contacto selectivo: controlan ciertas especies sin ocasionar daño a otras. DNBP y MSMA son dos ejemplos de este grupo.

CONTROL DE MALEZAS EN POTREROS

Las malezas presentes en los potreros pueden clasificarse en: gramíneas indeseables; malezas herbáceas y arbustos; y árboles.

Para la destrucción de las primeras se utiliza, con éxito, el dalapón en soluciones que contengan del 1,0% al 3,0% del ingrediente activo. Para combatir las malezas herbáceas se utiliza el 2,4-D, éster en dosis de 0,75 a 1,0% de ingrediente activo por hectárea.

Para eliminar especies leñosas el herbicida más utilizado es el 2,4,5-T éster; cuando se trata de combatir especies leñosas y herbáceas las mezclas de 2,4-D y 2,4,-T en diferentes proporciones es recomendable. El herbicida Tordón 101 da buen resultado en la destrucción de malezas leñosas, mostrando

un poder residual más prolongado. Cuando existen poblaciones mixtas de malezas herbáceas y leñosas o malezas herbáceas que se tornan leñosas, resulta más económico utilizar mezclas de los ésteres del 2,4-D y 2,4-T.

El ácido picolínico (Tordón), es más efectivo que el 2,4-D y el 2,4,5-T en la destrucción de muchas especies leñosas existentes en los potreros, además es más persistente en el suelo que el 2,4-D en la mayoría de los casos y da buenos resultados cuando se aplica al cuello del tallo, ya que es trasladado de la raíz a la parte aérea de la planta.

El mayor problema se presenta en los potreros cuando han sido invadidos por malezas de hoja angosta, ya que casi todos los herbicidas para este tipo de maleza afectan también a las gramíneas forrajeras; en tal caso, hay que dirigir la aplicación de los herbicidas a la planta indeseable. Si la infestación fuera más del 60 a 70% del área total se debe considerar la eliminación total de la vegetación con el establecimiento nuevo del pasto.

En potreros con especies de gramíneas y leguminosas, el combate de malezas dicotiledóneas es más difícil; sin embargo se puede usar el 2,4-DB para el combate de ciertas malezas de hoja ancha y en otros casos se puede reducir la dosis de los herbicidas para malezas de hoja ancha, o aplicarlos en forma dirigida para reducir el daño a las leguminosas.

El combate de malezas en potreros es mucho más eficaz si se integran varios métodos de control; por ejemplo, al hacerse un control manual o químico, este debe combinarse con un buen descanso para permitir que el pasto se establezca bien, en caso contrario, el combate será de poca efectividad.

En algunos casos, el pasto existente está sumamente invadido, que la única forma de renovarlo es combinar el combate de malezas con el establecimiento de un pasto con buena adaptación a la región.

DESTRUCCION QUIMICA DE MALEZAS LEÑOSAS EN LOS POTREROS

Aspersión del follaje: el tipo de aplicación más recomendable en el combate de malezas leñosas arbustivas es la aspersión con soluciones químicas, las que deben hacerse en épocas de crecimiento activo, cuando las reservas alimenticias de la planta sean mínimas. Cuando se hace la aspersión al follaje es importante asperjar todas las partes de la planta, incluyendo las hojas inferiores y los tallos, debido a que muchos herbicidas no son traslocables en forma eficiente desde grandes distancias.

Aspersión a la base del tallo: este método es más seguro en cualquier época del año; se utilizan con éxito los ésteres de 2,4-D y 2,4,5-T disueltos en aceite y aplicados a la parte basal de la planta cubriendo los tallos 30 a 40 cm. sobre la superficie del suelo.

Tratamientos a tocones: la aplicación se puede hacer al tocón inmediatamente después de cortada la maleza, o en otros casos es mejor esperar a que rebrote y aplicar el herbicida específico.

Tratamientos en fisuras o anillos: se emplean en la destrucción de árboles de gran tamaño. Para ello, se hace una fisura o anillo alrededor del tallo y se le aplica el herbicida.

Herbicidas granulados: se aplican estos alrededor de los árboles o arbustos para que se disuelvan y penetren en el suelo para ser absorbidos por las raíces. Se necesita suficiente agua para su eficacia.

RECOMENDACIONES PRACTICAS AL APLICAR HERBICIDAS

- Estudiar las condiciones ecológicas y el tipo de malezas existente antes de emprender un programa de control de malezas.
- Leer las instrucciones que traen las etiquetas para el empleo de los herbicidas.
- Los herbicidas deben aplicarse cuando la planta se encuentra en un estado de crecimiento activo sin necesidad de hacer otras operaciones.
- Controlar al personal encargado de la aplicación de herbicidas para que realicen la mezcla y la aplicación correcta.
- Cuando se trata de controlar arbustos leñosos de gran tamaño, es mejor "machetear" y aplicar el herbicida unos dos meses después a los rebrotes.
- Una sola aplicación de herbicidas es suficiente para controlar la mayor parte de malezas anuales de hoja ancha, pero es conveniente hacer aplicaciones periódicas para controlar malezas perennes y otras que vayan brotando.
- Las gramíneas y helechos se han mostrado resistentes a la mayoría de los herbicidas empleados en el control de malezas de hoja ancha.

- El "Macheteo" "limpia" o "chapia" solo es efectivo por unos dos o tres meses, pero después se presenta rebrote de casi todas las malezas.
- Es recomendable el empleo de coadyuvantes (pegas, surfactantes, adherentes) ya que éstos aumentan la efectividad de muchos herbicidas aplicados al follaje. El glisofato es una excepción.
- La aplicación de herbicidas al suelo debe hacerse cuando éste se encuentra húmedo pero no "encharcado".
- Las malezas son más sensibles a la aplicación de herbicidas en tiempo cálido y húmedo; en períodos prolongados de sequía son más difíciles de controlar.
- La mayoría de los herbicidas aplicados al follaje necesitan de cinco hasta ocho horas sin lluvia para que no pierdan su efectividad.
- El pastoreo en rotación y bien manejado es una ayuda eficaz para mantener los potreros libres de malezas.
- Debe proveerse equipo especial como máscaras, guantes y vestidos, al personal que manipula y aplica herbicidas. Los trabajadores deben bañarse y cambiar de vestido después de cada aplicación.
- Si al momento de hacer la aplicación de herbicida el pasto se encuentra alto, es mejor sobrepastorearlo en una forma ligera y posteriormente hacer la aplicación.
- Los productos deben aprender a distinguir las leguminosas, tanto nativas como introducidas, con el fin de no destruirlas con los herbicidas; de existir

presencia de ellos, los herbicidas deben aplicarse en forma localizada a las malezas.

Cuadro 1. Arbustos y malezas de hoja ancha comunes en el trópico.

ESPECIE Nº	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN
1	<u>Acacia farnesiana</u>	Corona de cristo
2	<u>Amaranthus dubius</u>	Bledo
3	<u>Amaranthus spinosus</u>	Bledo espinoso
4	<u>Bactris minor</u>	Lata
5	<u>Bauhinia pauletia</u>	Pata de vaca
6	<u>Cesearia aculeata</u>	Limoncillo
7	<u>Cesearia javitensis</u>	Varablanca
8	<u>Cassia occidentalis</u>	Bicho, Chilinchil, frijolillo negro, mosquito
9	<u>Cassia tora</u>	Bicho, ejotillo
10	<u>Cnidoculus urens</u>	Pringamosa
11	<u>Combretum fruticosum</u>	Peinecillo
12	<u>Cordia coloccoca</u>	Muñeco
13	<u>Chomelia spinosa</u>	Fruta de pavo
14	<u>Eupatorium odoratum</u>	Balsilla, rosa vieja, curarina
15	<u>Heliconia bihai</u>	Tacana, bihao
16	<u>Humboldtiellia arborea</u>	Bálsamo macho
17	<u>Hyptis suaveolens</u>	Alcanforada, mejorada
18	<u>Julocroton argenteus</u>	Cotorrea
19	<u>Lippia nodiflora</u>	Orozú, yerbabuena, montes
20	<u>Malachra alceifolia</u>	Malva, hierba de sapo
21	<u>Mimosa pigra</u>	Zarza
22	<u>Myrospermum frutescens</u>	Bálsamo
23	<u>Paullinia macrophylla</u>	Raíz de la china
24	<u>Piper marginatum</u>	Santa María
25	<u>Pithecolobium spp.</u>	Espino, pico de loro
26	<u>Randia aculeata</u>	Cruceto
27	<u>Rauvolfia spp.</u>	Solita, venenito
28	<u>Scheelea butyraceae</u>	Palma de vino
29	<u>Sida spp.</u>	Escobilla, escoba
30	<u>Solanum spp.</u>	Lavaplatos, uña de gato, tapa
31	<u>Steiractinia cornifolia</u>	Toloya
32	<u>Stachytarpheta cayennensis</u>	Verbena negra
33	<u>Tetracer sp.</u>	Martín moreno
34	<u>Vernonia patens</u>	Salvión
35	(No identificado)	Arrayán
36	(No identificado)	Atorador

Cuadro 2. Herbicidas recomendados para controlar algunas malezas comunes en potreros*.

SISTEMA DE APLICACION							
2,4-D éster	2,4,5-T 6 mezclas de 2,4-D y 2,4,5-T	Picloram + 2,4-D amina (TORDON)	Resisten- cia a todos	Aceite Diesel	2,4,5-T en Diesel	2,4-D + 2,4,5-T en diesel	Sin infor- mación
2		1			1		
3			4	4			
		5			6	6	6-F(a)
		7					
8							
9							
10		11					
			12			12	
			13		13		
14			15				
		16(b)			16	16	
17							
	18						
19	20						
	21						
		22(b)			22	22	
	23		24		24		
		25					
			26				26-T 27-F y T
			28	28(c)			
	29						
30							
31							
32			33				33-T
34					35	35	
		36					

* Los números corresponden a las especies nombradas en el Cuadro 1 y son susceptibles al tratamiento que encabeza cada columna.

a/ No se tiene información sobre el efecto de aplicaciones foliares (F) o al tocón (T).

b/ Solamente plantas jóvenes que no han sido cortadas antes.

c/ Aplicado al cogollo sin cortarlo.

USO DE LOS FERTILIZANTES EN PASTURAS

Rolain Borel, Ph.D.

INTRODUCCION

Actualmente en Centro América, la mayoría de los productores de limitados recursos son a la vez agricultores y ganaderos. Por lo tanto, la prioridad en el uso de los fertilizantes será posiblemente hacia los cultivos, más que hacia la ganadería.

Las especies introducidas y de alto potencial, requieren suelos de buena fertilidad y deben ser respaldados por un programa de fertilización intensiva de acuerdo con los elementos necesarios. En forma contraria, las especies nativas o naturalizadas están adaptadas a los suelos menos fértiles del área y en este caso un programa de fertilización se limita a corregir una o dos deficiencias más marcadas, con el propósito principal de influir sobre la composición botánica de la pastura.

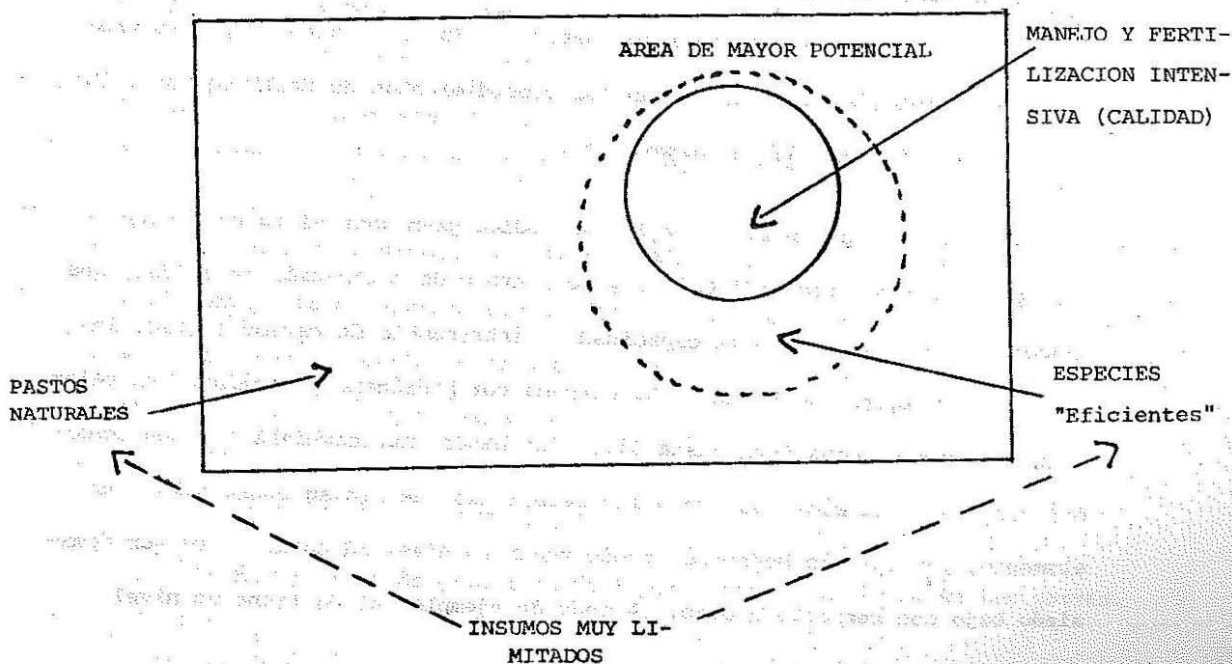
Recientemente, diferentes especies (Andropogon, Brachiaria) han sido observadas con la misma adaptación que las especies nativas a los suelos pobres, pero con una mayor producción y aceptación por el ganado; conviene confirmar estos resultados en ensayos de pastoreo a largo plazo, considerando que hay diferencias entre especies y posiblemente dentro de especies. También se debe recordar que existe un gran rango de respuestas a suelos pobres que no han sido bien estudiadas.

Para algunos elementos, por ejemplo fósforo, es más económico distribuir

la sal directamente al animal que aumentar el aporte de P en el forraje por medio de fertilización; en esta misma línea de acción, hay que tener en cuenta que los minerales contenidos en los suplementos (granos, tortas, etc.) suministrados al animal, llegan a la pastura a través de las heces y orina lo que en algunas situaciones, especialmente lechería, pueden representar un aporte significativo al suelo.

En la práctica, los fertilizantes se usan en la finca sobre las partes de mayor potencial (Figura 1), sea en una área de pastoreo intensivo, un "banco de proteína" o un pasto de corte; en las áreas de pastos naturalizados, los fertilizantes se reducirán al máximo. La combinación óptima dependerá del programa de fertilización considerado para el potencial del área; de los precios y de la disponibilidad de fertilizante, así como de factores ambientales.

Figura 1. Uso de fertilizantes en la finca.



Datos de laboratorio

Cuando se comienza a trabajar en un área nueva conviene hacer uso de datos básicos, proporcionados por los laboratorios de suelos. Prácticamente existen tres fórmulas de acción:

- a) Análisis de suelos para caracterizar o para determinar la fertilidad que pueden no dar los mismos resultados, debido a que no se usan los mismos reactivos.
- b) Análisis de plantas.
- c) Ensayos en macetas.

Análisis de suelos

Los resultados del análisis del suelo pueden, en algunos casos, no ser utilizados totalmente porque no se indican los patrones de comparación, ya que estos varían de acuerdo a los métodos. En los Cuadros 1 y 2 se presenta un ejemplo de análisis, según los procedimientos de CATIE en Turrialba con su respectivo patrón de comparación.

El valor del pH entre 4.5 y 7.0 no indica gran cosa si no es interpretado por otros valores. El Calcio y porcentaje de salinación de acidez, que representa la fracción de la capacidad de intercambio de cationes (CIC; indicado por "sigma" en el Cuadro 2, ocupada por hidrógeno y aluminio; un valor satisfactorio se considera hasta 25%. Las bases intercambiables deben considerarse individualmente así como las relaciones que llevan entre ellas; un elemento, por ejemplo Magnesio, puede tener un nivel adecuado, pero ser demasiado bajo con respecto a otro. A modo de ejemplo, el Mg tiene un nivel

adecuado en el análisis No. 13 (Cuadro 2) pero un nivel insuficiente con respecto a K. Se consideran adecuadas las relaciones de Ca/Mg entre 2 y 3 y para Mg/K entre 4 y 6.

Cuadro 1. Resultados de análisis de suelos (según procedimientos del CATIE).

Elemento	Método	Nivel (ppm)	
		Crítico	Adecuado
P	Olsen mod. 1:10	12	20 - 80
K	Olsen mod. 1:10	.2 meq	4 - 3
Ca	KCl 1N 1:10	2.2 meq	4 - 36
Mg	KCl 1N 1:10	.8 meq	2 - 18
S	Fosfato Ca 1:2.5	12	20 - 80
Mn	Olsen mod. 1:10	5	10 - 100
B	Fosfato Ca 1:2.5	.2	.5 - 20
Cu	Olsen mod. 1:10	1	3 - 20
Zn	Olsen mod. 1:10	10	20 - 80

Es importante señalar que el análisis de suelo indica cual elemento es deficiente o bajo, sin embargo se debe contar con ensayos "calibrados" donde se relacionen los análisis de suelos con respuestas de las partes a los fertilizantes, en los mismos suelos.

Análisis de plantas

El análisis de planta es útil para determinar deficiencias graves.

Cuadro 2. Resultados de análisis de muestras de suelos.

Localidad: Varias, Honduras.

Fecha: 31-7-81

No.	pH H ₂ O	meq/100 ml de suelo			Σ CIC	% Sat. Acidez	Mg/ml de suelo						Relaciones	
		Ca	Mg	K			Acidez Extr.	P	Fe	Mn	Zn	Cu	S	B
12.	4.90	2.70	0.94	0.21	1.40	26.7	3.0	811	19.4	3.1	1.8	7.5	2.9	4.5
13.	6.90	2.12	0.83	0.57	0.55	13.5	25.0	390	20.1	2.3	2.0	17.0	2.6	1.5
14	6.20	4.97	1.60	0.24	0.10	1.4	6.9	93	16.7	5.7	1.1	3.2	3.1	6.7

Se debe recordar que los niveles adecuados varían mucho de acuerdo a las especies; por otra parte no se debe confundir valores adecuados para el crecimiento del pasto y para el crecimiento del animal (Cuadro 3).

Cuadro 3. Concentración adecuada de elementos minerales en forrajes (período de crecimiento activo).

ELEMENTO	PLANTA % MS	REQUERIMIENTOS POR EL
		ANIMAL % MS RACION
P	.15 - .25	.30
K	.8 - 2.0	0.7
Ca	.2 - .6	.40
Mg	.1 - .3	.1
Zn	2 - 60 ppm	40 - 80 ppm
Mn	200 - 400 ppm	40 ppm
Cu	?	5 - 10

Ensayos en macetas

Estos son de importancia cuando se presenta un problema específico. Su valor predictivo es mucho más alto que los análisis químicos.

El Nitrógeno

El Nitrógeno es generalmente el elemento más limitante en el trópico. Existe un rango de respuestas entre especies, el que se hace aún más amplio en el período de menor crecimiento; la mayor respuesta se obtiene durante la temporada de mayor crecimiento.

Como consecuencia de la fertilización nitrogenada se puede tener, en ciertos casos, desde un efecto adecuado hasta un exceso de forraje producido en una sola época. Este efecto se puede disminuir, hasta cierto punto, con aplicaciones tardías de N; mientras más tardías son, mayor será la respuesta en términos de porcentaje de proteína cruda, pero menor en lo que se refiere a la producción de materia seca (Cuadro 4). Sin embargo, parece que la utilización de leguminosas fuera más eficiente que la fertilización nitrogenada para una mayor producción y sobre todo de mayor calidad en la temporada seca.

Cuadro 4. Aplicación tardía de Nitrógeno.

PANGOLA		
Fecha aplicación (70 KG N/HA)	RENDIMIENTO KG/MS/HA	PROTEINA CRUDA % MS
2-8	7670	3.4
31-8	4540	3.4
3-10	2690	5.1
31-10	810	6.1

La utilización de nitrógeno tiene un efecto sobre la composición botánica de la pradera. En la asociación gramíneas/gramíneas; por la misma razón de que algunas especies utilizan el nitrógeno aplicado con más eficiencia que otras, con el tiempo, las primeras pueden llegar a dominar la pradera. Se mostró el caso de una pradera que contenía 3, 10 y 87% de Kikuyo, dollis

y Carpeta sp. y que después de una fertilización de 448 kg de N/ha durante algunos años, resultó con una relación inversa: 76, 23 y 1% respectivamente.

En pasturas de gramíneas/leguminosas; el contenido de N en el suelo controla el equilibrio de una mezcla de gramíneas y leguminosas; en un clima templado y en suelos con una baja disponibilidad de N, la gramínea depende de la leguminosa para su crecimiento, lo que da un equilibrio a la pastura. En condiciones tropicales, aunque el N del suelo es bajo, las altas temperaturas permiten una alta mineralización, por lo que la gramínea encuentra cierta cantidad de N y tiende a dominar en la mezcla, especialmente a pastoreo intensivo. En efecto, las gramíneas generalmente son más aptas para absorber iones monovalentes (N, K, etc) que las leguminosas; este efecto de N es todavía más aparente cuando se fertiliza y la leguminosa puede desaparecer por completo. Cuadro 5.

Cuadro 5. Nitrógeno y frecuencia corte en % leguminosa.

	N	% LEGUMINOSA	
		3 CORTES	5 CORTES
ALFALFA-DACTYLIS	0	60	35
	224	53	14
	448	55	12

El Fósforo

La respuesta al Fósforo es generalmente menos pronunciada que la respuesta al Nitrógeno. Esto es particularmente cierto en el caso de las gramíneas;

sin embargo, las leguminosas suelen mostrar una mejor respuesta, tanto del punto de vista de la producción de materia seca como del contenido de P y de N.

Los resultados de la fertilización con P han sido a menudo confundidos por el efecto de la fijación de P, que es particularmente pronunciada en los suelos tropicales. El P (del suelo y aplicado como fertilizante) está fijado por los óxidos de hierro y aluminio; en los suelos con alto contenido de materia orgánica (más del 15%) la fijación puede ocurrir por efecto de la misma materia orgánica.

En teoría se considera que hay que fertilizar inicialmente con una alta dosis de P (considerada como una inversión) para completar la capacidad de fijación de P del suelo y en los años subsiguientes seguir con una más baja dosis de mantenimiento. Otra práctica consiste en aplicar el P en bandas o de usar fuentes poco solubles de P y así permitir a las plantas abastecerse en la cercanía directa del fertilizante.

Se considera a menudo que la fertilización con P modifica la composición botánica de la pastura a favor de las leguminosas (Cuadro 6). Sin embargo, existen evidencias controversiales en el trópico sobre este efecto, lo que puede ser debido a que las leguminosas nativas son eficientes extractoras del P presente en el suelo y no responden a una mayor disponibilidad, lo cual puede deberse al mismo fenómeno de la fijación de P; este punto necesita ser aclarado en fincas con ensayos de pastoreo a largo plazo.

Cuadro 6. Contenido de fósforo en leguminosas con diferente nivel de fertilización.

P (KG/HA)	"ROSE CLOVER"	% PROTEINA MEZCLA
0	17%	8.4
28	66%	12.4
56	77%	13.9
112	78%	14.4

El Potasio

Como en el caso del fósforo, la respuesta al Potasio es mas bien limitada; se observa que con altos niveles de fertilización existe una acumulación en los tejidos por encima de las necesidades.

El criterio de aplicación se debe basar en el análisis foliar, de tal modo que en presencia de otros fertilizantes (particularmente N) no baje el contenido de K por debajo del 1% en la materia seca.

Las gramíneas tienden a ser más eficientes en la absorción del K que las leguminosas; este efecto es importante en el caso de asociaciones de gramíneas con leguminosas. La disponibilidad de K en el suelo puede ser adecuado para la leguminosa, pero al tener que competir con la gramínea no logrará absorber una cantidad suficiente, por lo tanto en asociaciones conviene fertilizar con K para mantener a la leguminosa.

Encalado

Se relaciona la práctica del encalado con una corrección del pH del suelo; en el Cuadro 7 se indica que se debe considerar otros factores, los que pueden ser, en algunos casos, más importantes que la corrección del pH mismo; algunos efectos se pueden lograr con unas dosis más bajas que la que se aplicaría para corregir el pH. Si el problema fuera una deficiencia de Mo, la solución puede ser el encalado para permitir mayor disponibilidad de este elemento, o mas bien la fertilización directa con Mo, lo que puede resultar más económico. En el caso del encalado, no hay regla y se debe considerar cada caso separadamente.

Cuadro 7. Efecto del encalado.

-
- Eleva pH del suelo
 - disminuye saturación de H
 - favorece el crecimiento del rizobio
 - Aporte nutrientes
 - micro elementos
 - Ca
 - Mg (en el caso de dolomita)
 - Disminuye solubilidad de elementos
 - Al, Mn la toxicidad de Al y Mo disminuye
 - Aumenta la solubilidad de Mo
 - Disminuye la absorción de Mo (pH mayor que 6)
 - Puede aumentar la lixiviación de K
 - Acelera la nitrificación NH_4 - NO_3
 - Mejora la absorción de NH_4

Aumenta la disponibilidad de P

CONSIDERACIONES PRACTICAS

En la fertilización de las pasturas se deben considerar los siguientes puntos:

- Cualquier programa de fertilización comienza con el análisis de los suelos (y plantas) recordando que estos solo indican cual elemento es deficiente, sin indicar la cantidad a aplicar.
- La fertilización debe ser reservada para las áreas de la finca con mayor potencial.
- La fertilización con N puede llegar a incrementar en excesos la producción del forraje y se requiere más información sobre las épocas de aplicación de este elemento.
- Los efectos de la fijación del P por el suelo y de los cambios de composición botánica requieren mayor atención en sistemas de pastoreo o en fincas.
- La fertilización con K tiene mayor importancia en las asociaciones de gramíneas con leguminosas.
- El encalado de los pastos debe ser fundamentado con cuidadosos análisis de suelos o preferiblemente con ensayos en macetas.

LA CALIDAD NUTRITIVA DE LOS FORRAJES

Danilo Pezo, Mag. Sc.

INTRODUCCION

La calidad nutritiva de un forraje es una expresión del potencial que tiene el ganado para producir carne, leche u otros productos, a partir de un forraje dado, mediante la utilización de los nutrientes que éste tiene disponibles. El nivel de producto animal a obtenerse está controlado nutricionalmente por el consumo diario de nutrientes digeribles y por la eficiencia con que éstos son metabolizados y utilizados en los procesos corporales.

En tal sentido, la calidad nutritiva del forraje puede definirse como el tipo y cantidad de nutrientes digeribles que están disponibles para el animal por unidad de tiempo. La calidad nutritiva del forraje es entonces función de:

- a) La tasa y nivel de consumo.
- b) La tasa y grado de digestión.
- c) La eficiencia de utilización de los nutrientes específicos que él contiene.

Por lo expresado anteriormente, es obvio que no puede referirse a la calidad nutritiva de los forrajes independientemente de los conceptos de digestión en el rumiante; razón por la que en el presente escrito se considerará en primer lugar algunos de los aspectos más relevantes de la digestión en el

rumiante, luego un análisis de los parámetros más comúnmente utilizados en la evaluación nutritiva de los forrajes y por último una breve descripción de los factores que afectan la calidad nutritiva de los forrajes.

ASPECTOS GENERALES DE LA DIGESTION EN EL RUMIANTE

La primera porción del tracto donde se produce un fraccionamiento del forraje es la boca, en la cual durante la masticación hay un rompimiento del forraje con liberación de parte del material soluble (contenido celular) el cual, de esta manera se hace fácilmente disponible para la fermentación ruminal. La cantidad de material soluble liberado en la masticación es mayor en forrajes succulentos que en forrajes secos (henos, pajas, rastrojos).

Luego de la boca el forraje pasa por la faringe y el esófago para llegar al retículo-rumen (se usará solamente el término rumen para referirse a este compartimento en el resto del escrito). El rumen es realmente el primer y más grande órgano digestivo del rumiante, de manera que los procesos que en él se producen determinan en gran medida los cambios que sufre el forraje en el tracto gastro-intestinal total. En el rumen, el alimento ingerido se mezcla con el licor ruminal y los residuos de alimentos previamente consumidos, siendo sometido a desdoblamiento por acción de diferentes procesos: digestión microbiana, contracciones ruminales y remasticación (producida después de la regurgitación en la rumia). La combinación de procesos de desdoblamiento físico y químico reduce el tamaño de las partículas fibrosas del forraje hasta que éste, conjuntamente con células microbiales y algunos productos finales de digestión, puedan pasar por el orificio retículo-rumen.

Adicionalmente al rumen, los segmentos del tracto gastro-intestinal del rumiante más importantes por los procesos de digestión que se producen en ellos son el intestino delgado y el intestino grueso. En el primero se produce una digestión enzimática por acción de enzimas secretadas por el propio animal, mientras que en el segundo segmento se produce una digestión de tipo fermentativo, por acción de los microorganismos presentes en el intestino grueso, cuya acción es similar a la producida a nivel ruminal.

Para apreciar la significancia nutricional del segmento del tracto donde se está produciendo digestión, es necesario considerar el tipo de productos finales del proceso digestivo y las pérdidas que ocurren en cada segmento. Los productos finales de la digestión ruminal más importantes son los ácidos grasos volátiles (AGV). Se estima que la producción de ácidos grasos volátiles es más o menos constante, citándose valores del orden de los 75 g de AGV por 100 g de materia orgánica digerida en el rumen; consecuentemente, un 25 por ciento de la materia orgánica digerida es pérdida como metano, nitrógeno amoniacal y calor de fermentación (energía). La pérdida de nitrógeno amoniacal como consecuencia de la deaminación en el rumen es considerada generalmente como una pérdida de proteína potencial para el animal.

En el caso del intestino delgado, los principales productos finales de digestión son aminoácidos, ácidos grasos de cadena larga y pequeñas cantidades de azúcares. En contraste a la digestión ruminal, prácticamente no hay pérdidas de materia orgánica en este segmento, pues todos los productos finales pueden ser utilizados por el animal. Anteriormente se ha señalado que el tipo de digestión (fermentación microbiana) que se produce en el intestino grueso es similar a la del rumen, por lo tanto el tipo de productos finales y la

naturaleza de las pérdidas son también similares.

En cuanto al uso que el animal da a los productos finales de la digestión en cada segmento, lógicamente, también hay diferencias. Así, los AGV producidos en el rumen y ciego (intestino grueso) son usados por el rumiante como fuentes de energía o para la síntesis de grasa, mientras que los productos finales de la digestión en el intestino delgado, los cuales son principalmente aminoácidos, son usados mayormente en la síntesis proteica, aunque también pueden ser usados (en ciertas circunstancias) como fuente de energía.

PARAMETROS UTILIZADOS EN LA EVALUACION NUTRITIVA DE LOS FORRAJES

Se han propuesto diferentes formas de evaluación de los forrajes, pero, en última instancia, la mejor forma de evaluar el valor alimenticio de un forraje en particular o de un alimento en general es a través de la respuesta animal; es decir, ganancia de peso o producción de leche. Ahora bien, como la respuesta animal no puede ser conocida sino hasta que el forraje ha sido utilizado directamente por el animal o grupo de animales, entonces se han desarrollado una serie de parámetros que pretenden predecir, directa o indirectamente, la respuesta animal.

La valoración de los forrajes no es sencilla, pues no existe un solo parámetro que pueda definir completamente el valor alimenticio de un forraje o, dicho en otras palabras, que permita predecir con alto grado de confianza la respuesta animal. Si uno tuviera que clasificar, en orden de importancia, los parámetros que definen el valor alimenticio de un forraje es probable que éstos se ordenarían de la siguiente manera: consumo, digestibilidad y composición química; sin embargo, es muy difícil considerar estos parámetros

aisladamente, por las múltiples relaciones que entre ellos existen.

Consumo voluntario

El consumo voluntario de un forraje se define como la cantidad de éste que es consumida en un período de tiempo, cuando el forraje es ofrecido ad libitum.

El consumo es expresado generalmente en kg/día ó en kg/100 kg PV/día ó en g/kg p^{.75}/día. Los factores que pueden afectar el consumo voluntario serán tratados en la sección que trata los factores intrínsecos que determinan la calidad nutritiva del forraje, de manera que en esta sección se hará solamente una discusión de los mecanismos de regulación del consumo.

El consumo es regulado a través del sistema nervioso, existiendo en el hipotálamo dos centros que juegan un rol fundamental en este aspecto. Se trata de los centros de "hambre y saciedad", los cuales controlan de manera antagonica el consumo. Lógicamente, hay toda una estructura jerárquica en el sistema nervioso con mecanismos de auto-control y con receptores de estímulos a diferentes niveles.

Se postula que en el control de consumo funcionan mecanismos con acción a corto y a largo plazo. En cuanto a los mecanismos de control de consumo a corto plazo, se reconocen dos principios fundamentales:

- a) El consumo de materia seca se incrementa con el valor nutritivo del alimento hasta que la concentración energética del mismo alcanza un valor aproximado de 2.2 Mcal EM/kg MS (65-70% de digestibilidad).

Por encima de este valor, el consumo de materia seca frecuentemente disminuye.

- b) El consumo de energía también se incrementa a medida que la concentración energética del alimento alcanza un valor aproximado de 2.2 Mcal EM/kg MS, pero luego de esto, el consumo de energía permanece constante. (Figura 1).

Algunos autores han señalado que en forrajes con una digestibilidad menor de 65-70 por ciento, el control de consumo es por mecanismos de tipo "físico", mientras que por encima de estos valores de digestibilidad, el control es por mecanismos de tipo "fisiológico". Sin embargo, esta división parece ser algo arbitraria, pues no es posible fijar un punto en el cual comience a funcionar un tipo de mecanismo y deje de actuar el otro. Lo cierto es que en ciertas situaciones ambos mecanismos se traslapan.

Cuando se habla de mecanismos de tipo físico se refiere a aquel conocido como control por "llenado del rumen". Este mecanismo es probablemente el más importante en relación al uso de forrajes tropicales, ya que éstos de manera general tienen ciertas limitaciones en digestibilidad. El mecanismo funciona de la siguiente manera: en forrajes con alta proporción de fracciones fibrosas indigeribles, la velocidad de digestión del forraje es lenta, esto hace que la tasa de paso del forraje por el tracto sea demorada y, consecuentemente, el forraje permanece por mayor tiempo en el rumen, lo cual a su vez hace que se emitan señales al centro de "saciedad" del hipotálamo, de manera que el animal deja de comer hasta que haya un vacío parcial en el rumen. En este sentido, forrajes diferidos lentamente son consumidos en menor proporción que

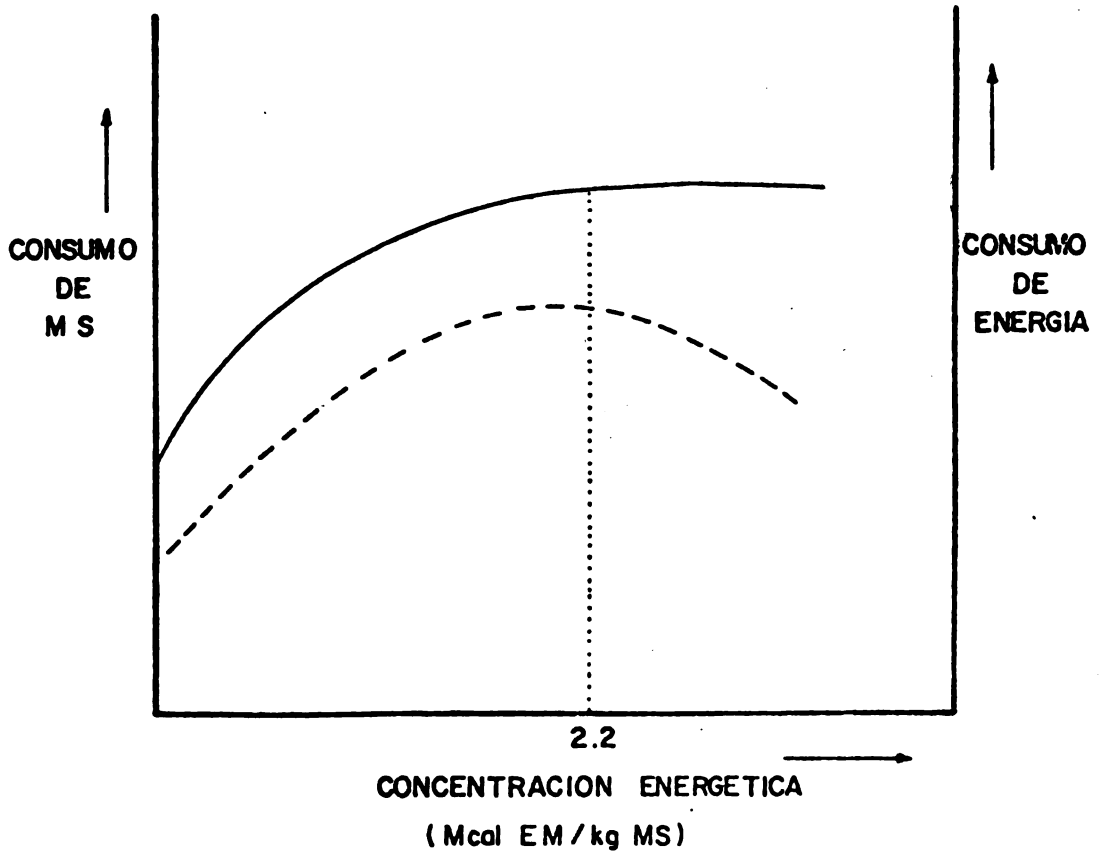


FIG.1 RELACION ENTRE LA CONCENTRACION ENERGETICA Y EL CONSUMO DE MS (----) Y EL CONSUMO DE ENERGIA (—)

los de rápida digestión.

Cuando se hablan de mecanismos de tipo "fisiológico" se está refiriendo a las hipótesis termostática y quimostática, las cuales han sido propuestas para explicar la regulación de consumo en el caso de raciones de buena calidad (alta concentración energética). La hipótesis termostática se basa en que "los animales ingieren alimentos para mantener la temperatura corporal, pero cesan de comer para prevenir hipertermia". Al respecto, se considera que hay pocas evidencias experimentales que apoyen la hipótesis que de esta manera se regula el consumo

La hipótesis quimostática ha recibido mayor difusión y aceptación. En el caso de monogástricos se acepta que la glucosa es un metabolito importante en la regulación del consumo; en cambio, en los rumiantes la glucosa no es un producto final importante de la digestión, como sí son los ácidos grasos volátiles. Al respecto, los ácidos acético y propiónico han mostrado ser metabolitos que funcionan como reguladores de consumo.

En cuanto a los mecanismos de control de consumo a largo plazo, se ha postulado por evidencias indirectas (la capacidad del animal adulto de mantener un balance estable de energía en un período largo de tiempo) que estos funcionan. En este sentido, se ha propuesto que la cantidad de grasa presente en los depósitos grasos corporales podrían influir sobre la concentración de ciertos metabolitos, los cuales a su vez actúan sobre el hipotálamo para prevenir un exceso en el consumo de energía (hipótesis "lipostática"). Al momento, los mecanismos involucrados en esta propuesta de control del consumo permanecen aún poco claros para el caso de los rumiantes.

Digestibilidad

El porciento de digestibilidad de un forraje representa la proporción del alimento consumido que es digerida por el animal, es decir que no aparece en las heces. La digestibilidad ha sido ampliamente utilizada como un índice de la calidad nutritiva, y puede haber cierta lógica en que así sea, pues es una característica repetible, la cual sin mucha complicación puede ser medida con precisión razonable ($\pm 1\%$) y, sobre todo, que se correlaciona con el consumo, particularmente cuando se trata de forrajes con una calidad mediana a baja (menos de 67% de digestibilidad). El problema mayor con este parámetro es que si bien indica cuánto del forraje se digiere, no da en cambio ninguna información con referencia a la eficiencia de utilización de los productos de digestión (p.e. ácidos grasos volátiles), lo que a la larga va a determinar la magnitud de la respuesta animal en términos productivos (ganancia de peso y producción de leche).

Composición química

Los análisis químicos de forrajes dan una indicación del contenido de ciertas fracciones químicas en el forraje, llámense éstos proteína cruda, extracto etéreo, fracciones fibrosas, contenido de minerales, etc. El valor de esta información para predecir la respuesta animal es de menor cuantía que la del consumo o la digestibilidad; sin embargo, puede ayudar a interpretar las razones de diferencias en la digestibilidad e, incluso, en el consumo.

Los análisis químicos pueden ser de gran utilidad, y de hecho se usan, para conocer las limitaciones de un forraje en ciertos nutrientes específicos,

como son la proteína cruda o los elementos minerales, o para identificar la presencia de sustancias tóxicas (nitratos, ácido cianhídrico, etc.) o que afectan la digestibilidad o el consumo (taninos, saponinas, etc.).

Ahora bien, por su facilidad de determinación y por la gran disponibilidad de datos de composición química, se han estado utilizando estos datos para predecir el valor alimenticio de diversos alimentos; sin embargo, hay que tener presente que ello puede llevar a muchas imprecisiones.

Los métodos de análisis químico de uso corriente en la evaluación nutritiva de alimentos son el método proximal de Weende y, recientemente, los análisis de fibra de forrajes propuesto por Goering y Van Soest. El método proximal de Weende fracciona un alimento en: proteína cruda, extracto etéreo, cenizas, fibra cruda y extracto libre de nitrógeno. Una ilustración del fraccionamiento químico, de un forraje siguiendo las técnicas de Weende se presenta en la Figura 2. Ahora bien, como se reconocía que el método Weende no hacía un adecuado fraccionamiento de los carbohidratos, pues confundía fracciones de carbohidratos solubles y carbohidratos estructurales, los cuales aparecían indistintamente en las fracciones fibra cruda y extracto libre de nitrógeno, es que se propuso la metodología de análisis de componentes celulares propuestos por Goering y Van Soest. En esta metodología se hace un primer fraccionamiento en: contenido celular y pared celular. El contenido celular representa todos los componentes de alimento que son prácticamente digeribles en su totalidad, tanto en monogástricos como en rumiantes; (Cuadro 1) mientras que la pared celular comprende básicamente los carbohidratos estructurales, constituidos por la celulosa y hemicelulosa (parcialmente digeribles, con un grado de utilización variable en función del grado de lignificación) y la

FIGURA 2.

FRACCIÓNAMIENTO QUIMICO DE UN FORRAJE POR LA TECNICA DE ANALISIS PROXIMAL DE WEENDE (JOHNSON, 1972)

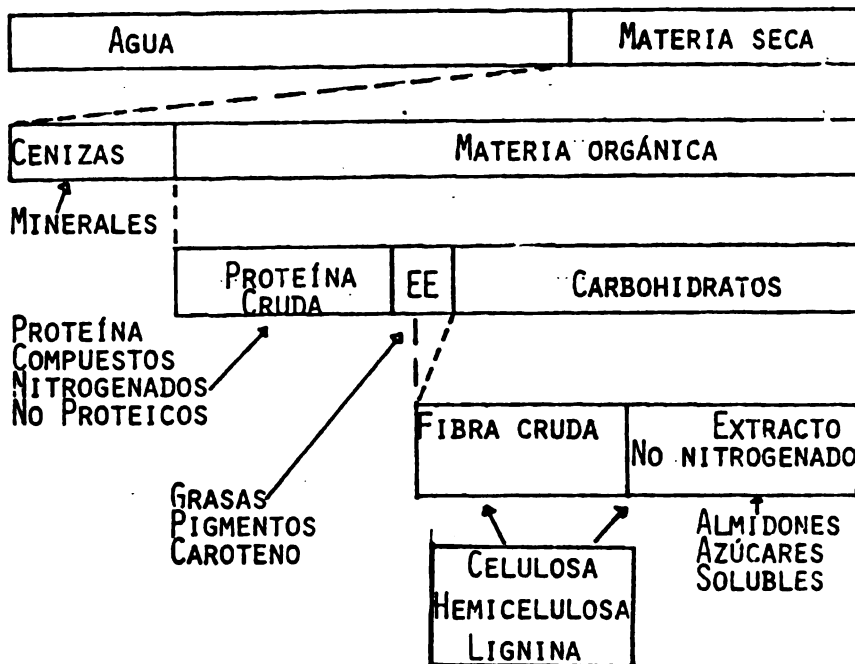
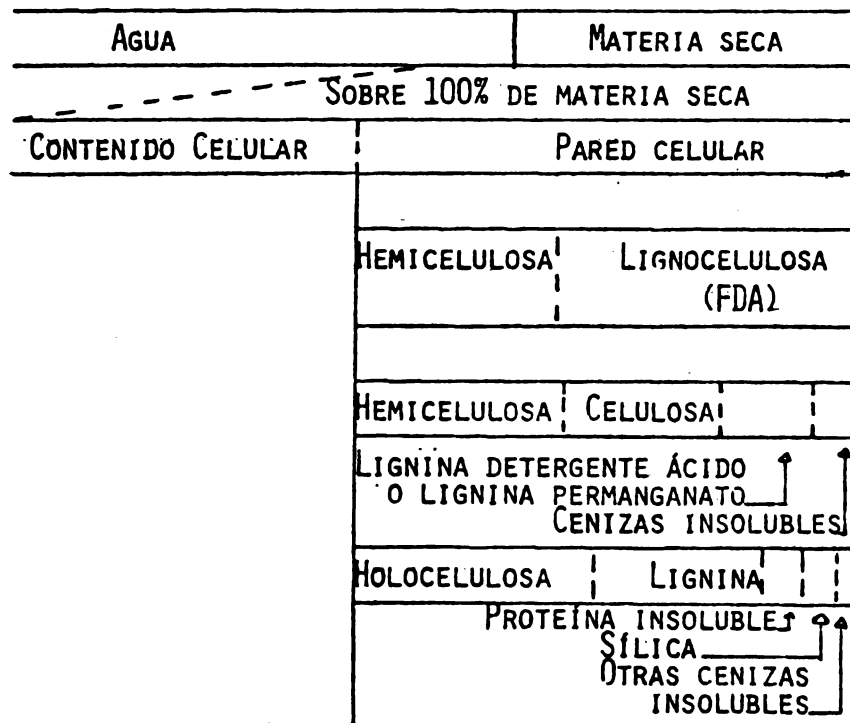


FIGURA 3.

FRACCIONAMIENTO QUIMICO DE UN FORRAJE POR LA TECNICA DE PARED CELULAR O DE VAN SOEST (JOHNSON, 1972).



Cuadro 1. Clasificación de las diferentes fracciones del forraje de acuerdo a sus características nutricionales (Van Soest, 1967).

Fracción	Digestibilidad	
	Rumiantes	Monogástricos
<u>Contenido celular</u>		
Azúcares, CHO solubles almidón	Completa	Completa
Pectina	Completa	Alta
Nitrógeno no proteico	Alta	Alta
Proteína	Alta	Alta
Lípidos	Alta	Alta
Otros solubles	Alta	Alta
<u>Paredes celulares</u>		
Proteína insoluble	Completa	
Hemicelulosa	Parcial	Baja
Celulosa	Parcial	Baja
Productos Maillard	Indigestible	Indigestible
Lignina	Indigestible	Indigestible

lignina (totalmente indigerible). Una ilustración del fraccionamiento químico de un forraje siguiendo las técnicas de Goering y Van Soest se presenta en la Figura 3.

LOS FORRAJES COMO ALIMENTOS

Si se define como forrajes a aquellos alimentos fibrosos, de baja densidad y de un contenido de energía relativamente bajo, entonces el hablar de manera general de los forrajes como alimentos resulta un tanto difícil, en cuando cada una de las subcategorías (pastos frescos, heno, ensilajes, rastrojos y sub-productos fibrosos) tienen características peculiares, además de que dentro de cada una de estas subcategorías se encuentran materiales muy heterogéneos, pues hay desde alimentos succulentos como son el pseudo-tallo del banano y follaje de camote, hasta alimentos con alto contenido de materia seca como son las pajas y rastrojos de cultivos. Los hay desde materiales de buena calidad nutritiva, ya sea por su alto contenido de proteína (hoja de yuca) o alta digestibilidad (seudotallo de banano, punta de caña, follaje de camote), hasta materiales con muy baja calidad nutritiva (bagazo, paja de arroz) los cuales básicamente se utilizan como alimentos de volumen.

Los pastos constituyen el recurso más abundante y barato para la producción animal en el trópico. Ahora bien, si se reconoce la capacidad que tienen los rumiantes para digerir la fibra, entonces debe ser este recurso la base de la alimentación del ganado. Hay que tener presente, sin embargo, que el pasto tampoco es un alimento homogéneo, pues bajo esta denominación se incluyen una serie de alimentos de características muy disímiles.

Factores intrínsecos que determinan la calidad nutritiva de los forrajes

Entre los factores intrínsecos que determinan la calidad nutritiva de los forrajes se pueden citar: factores genéticos (familia, género, especie, variedad), morfológicos (fracción de la planta, hábito de crecimiento) y fisiológicos (estado de madurez).

Factores genéticos. Con referencia a los factores genéticos, en primer lugar, es conocido que existen diferencias entre las principales familias de forrajeras (gramíneas y leguminosas), siendo las características diferenciales más importantes el hecho que a un mismo estado fisiológico las leguminosas tienen un mayor contenido de proteína y de elementos minerales que las gramíneas. Por otro lado, las leguminosas tropicales son consumidas en mayor proporción que las gramíneas, pese a no tener necesariamente mayor digestibilidad, tal como se muestra en el Cuadro 2.

Así mismo, de manera general, se reconoce que las gramíneas de zona templada poseen mayor calidad nutritiva que las de zona tropical. Incluso, se acepta que entre las gramíneas de zona templada hay algunos géneros (p.ej. *Lolium*) de mejor calidad nutritiva que otros (p.e. *Dactylis*).

En cuanto a las gramíneas tropicales, si bien hay algunas diferencias interespecíficas en composición química y digestibilidad, se acepta que son más importantes las diferencias debidas al estado de madurez. En cuanto a consumo, en cambio, sí se han observado diferencias importantes entre las gramíneas tropicales. A manera de ejemplo, en el Cuadro 3 se presentan datos de consumo para 10 gramíneas tropicales, los cuales han sido obtenidos bajo

Cuadro 2. Digestibilidad y Consumo Voluntario en algunas Gramíneas y Leguminosas Tropicales de diferentes edades (Delgado, 1977).

Especies	Edad	Digestibilidad MS, %	Consumo kg MS/100 kgPV
GRAMINEAS			
Rhodes	1 mes	61-64	1.58-1.64
	4 meses	49-51	1.23-1.42
Pangola	7 días	64	1.52
	3 meses	48-54	-
Buffel	56 días	56	1.42
	112 días	46	1.08
	140 días	41	0.92
LEGUMINOSAS			
Dolicos	70 días	59	2.02-2.09
	130 días	51	2.02-2.09
Siratro	16 semanas	50	1.20
Desmodium	16 semanas	54	1.77
Stylo	Maduro	59	1.93
Alfalfa	Inicio Floración	70	3.07

Cuadro 3. Consumo de materia seca en 10 gramíneas tropicales, bajo condiciones de pastoreo (Cataño, 1970).

Especie	Consumo de materia seca ^{a/} kg/100 kg PV/día
Alemán (<i>Echinochloa polystachya</i>)	3.70
Buffel (<i>Cenchrus ciliaris</i>)	2.04
Elefante (<i>Pennisetum purpureum</i>)	3.05
Guinea corriente (<i>Panicum maximum</i>)	2.62
Guinea fino (<i>Panicum maximum</i>)	2.71
Imperial (<i>Axonopus scoparius</i>)	1.79
Jaragua (<i>Hyparrhenia rufa</i>)	2.27
Janeiro (<i>Eriochloa polystachya</i>)	2.10
Pará (<i>Brachiaria mutica</i>)	3.22
Setaria (<i>Setaria sphacelata</i>)	2.19

^{a/} Determinado por método agronómico (diferencia de forraje disponible menos forraje residual).

condiciones de pastoreo. Cabe hacer notar que los datos de consumo del Cuadro 3 son mayores que los del Cuadro 2, lo cual puede ser consecuencia de una sobrestimación debida al método agronómico utilizado en la determinación de los consumos presentados en el Cuadro 3.

Factores morfológicos. En relación a los factores morfológicos, se ha observado que las hojas de gramíneas son de mejor calidad (mayor contenido de proteína, menor contenido de fracciones fibrosas y mayor consumo) que los tallos, tal como se muestra en el Cuadro 4. Igualmente, en el caso de leguminosas se ha observado que la lámina es de mejor calidad que el pecíolo (Cuadro 5). Con base en estos antecedentes, se espera que especies, variedades o plantas en particular con mayor contenido de hojas serán de mejor calidad nutritiva.

Cuadro 4. Composición química, digestibilidad y consumo voluntario en diferentes fracciones de gramíneas tropicales (Laredo y Minson, 1975).

Parámetro	Hoja	Tallo
Proteína cruda, %	9.5	7.1
Constituyentes pared celular, %	67.9	70.8
Digestibilidad materia seca, %	52.6	55.8
Consumo voluntario, kg MS/100 kg PV	1.83	1.25
Tiempo retención retículo-rumen, horas	23.5	31.8

Cuadro 5. Composición Química y Digestibilidad en dos Leguminosas Tropicales (Ford, 1978).

Parámetro	<u>D. intortum</u>		<u>D. tortuosum</u>	
	Lámina	Pecíolo	Lámina	Pecíolo
Proteína, %	23.1	8.6	24.4	8.6
Celulosa, %	21.7	32.7	20.0	33.8
Hemicelulosa, %	4.4	6.9	5.9	7.9
Lignina, %	5.8	9.5	3.5	5.4
Digestibilidad, %	52.9	54.6	74.1	67.7

Otros factores morfológicos que afectan la calidad nutritiva de los forrajes, básicamente al consumo, son la altura de la planta y la estructura del pastizal. Con referencia al primer factor, dado el hábito de consumo de los bovinos, estos consumirán en mayor proporción especies de porte alto que los de baja altura. Por otro lado, en pastizales con mayor densidad (mejor estructura y mayor disponibilidad por unidad de área) el consumo tenderá a ser mayor, como consecuencia de que el tamaño de bocado (g MS/bocado) será mayor.

Factores fisiológicos. Con referencia a los factores fisiológicos, el estado de madurez es uno de los más importantes, particularmente en especies como las gramíneas tropicales en las que la calidad decae tan marcadamente con la edad. En la Figura 4 se ilustran los cambios en los diferentes parámetros de calidad nutritiva, como consecuencia de la madurez. Sin embargo, como en toda regla hay excepciones, en el presente caso también las hay; así, en caña de

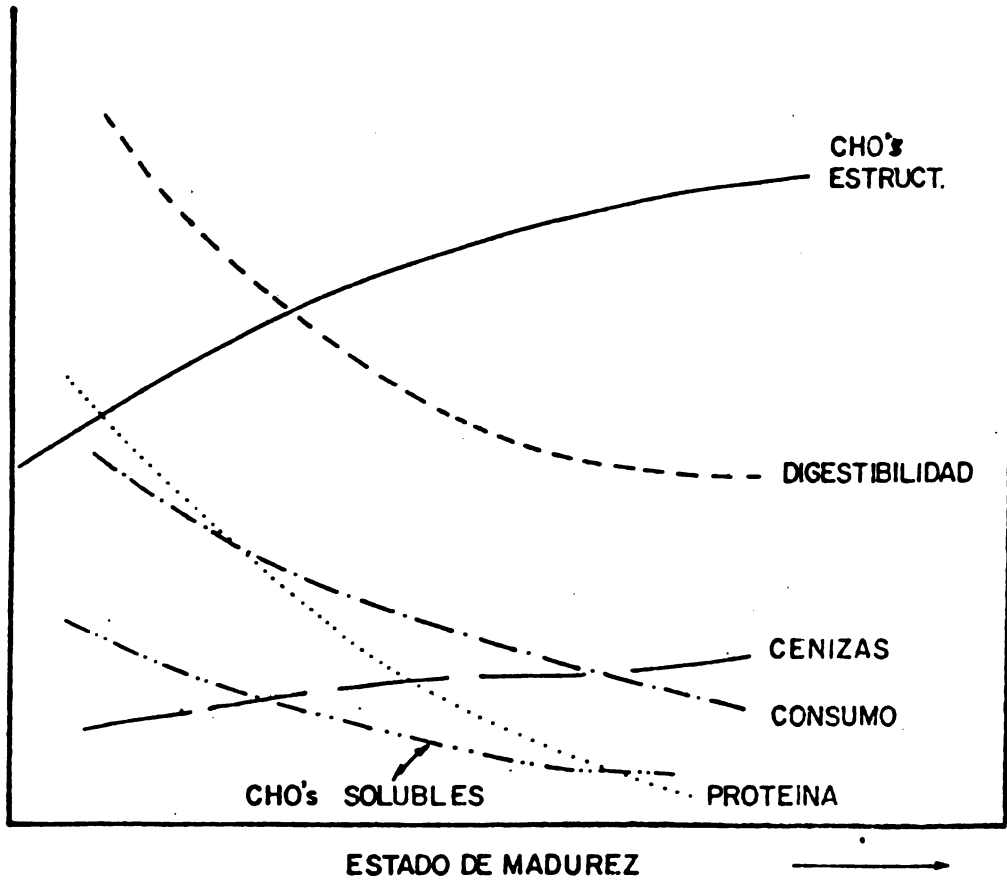


FIG. 4. CAMBIOS EN DIFERENTES PARAMETROS DE CALIDAD NUTRITIVA, EN FUNCION DEL ESTADO DE MADUREZ

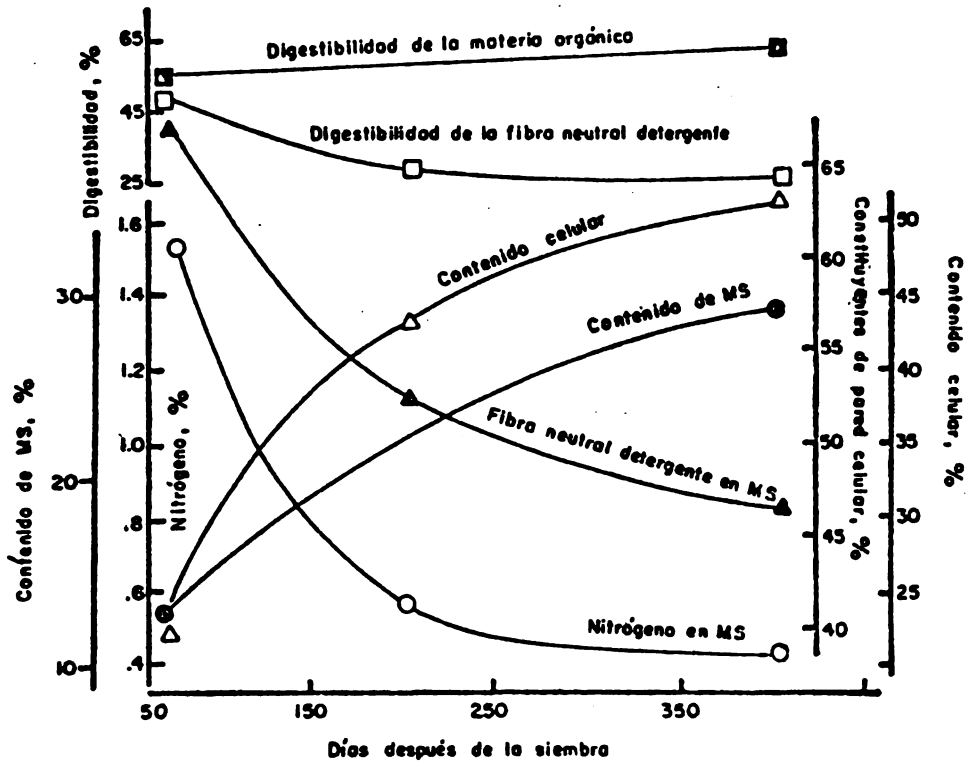


Fig. 5. Cambios en la composición de la caña de azúcar con la madurez (Preston, 1977)

azúcar, a medida que ésta madura hay un mejoramiento en la calidad, como consecuencia del incremento en la concentración de azúcares (Figura 5). Igualmente, en las gramíneas que forman grano como el sorgo y maíz, hay un ligero mejoramiento en la calidad del forraje al momento de formación del grano, debido al contenido de almidones del mismo.

Factores extrínsecos que determinan la calidad nutritiva de los forrajes

Entre los factores extrínsecos que determinan la calidad nutritiva de los forrajes se pueden citar: factores climáticos, factores edáficos (fertilidad), factores del manejo de la pastura y factores relacionados con el animal y su manejo.

Factores climáticos. De los factores climáticos, la precipitación y la temperatura parecen ser los más importantes como determinantes de la calidad nutritiva de los forrajes. Es sabido que a medida que avanza el período seco hay una disminución gradual en la calidad nutritiva del forraje, sea que se exprese ésta como una disminución en los contenidos de proteína, fósforo, carbohidratos solubles, en la digestibilidad o en el consumo, o como un incremento en los carbohidratos estructurales (fracciones fibrosas). En el Cuadro 6 se presenta la variación en el contenido de proteína y el consumo voluntario de pasto natural, con predominancia de especies de *Hyparrhenia*, bajo condiciones de Zambia, en las que el período de lluvias se inicia en el mes de diciembre y termina en mayo. Se observa que el contenido de proteína y el consumo de pastos disminuyen marcadamente a medida que se aproxima el período seco, alcanzando valores tan bajos como 2.2 por ciento de proteína cruda y 0.71 kg MS/100 kg PV de consumo voluntario para el heno en pie. Así mismo, es notorio

el efecto benéfico que tiene la inclusión de leguminosas en la pastura sobre la calidad nutritiva del forraje en el período seco.

Cuadro 6. Contenido de Proteína Cruda y Consumo Voluntario de Pasto Natural (*Hyparrhenia* spp.) sólo en diferentes épocas del año y de heno de pasto natural sólo y asociado con leguminosas (Gihad, 1976).

Forraje	Proteína Cruda %	Consumo (kg MS/100 kg PV)
<u>Pasto natural cortado en:</u>		
Diciembre	7.2	1.72
Febrero	4.8	1.20
Abril	3.1	1.00
Junio-Noviembre (Heno en pie)	2.2	0.71
<u>Heno</u>		
Pasto natural sólo	2.2	0.77
Pasto natural + Stylo	8.9	0.94
Pasto natural + Siratro	9.2	0.93

Factores edáficos. La fertilidad del suelo es otro factor importante como determinante no sólo de la calidad de la pastura, sino también de la productividad de la misma. De manera general, los pastos que crecen en suelos pobres tienen una menor calidad nutritiva que los producidos en suelos de buena fertilidad. Es más, con frecuencia deficiencias de minerales en el suelo determinan bajos contenidos de los mismos minerales en el forraje que crece en él.

Ahora bien, la aplicación de fertilizantes no siempre trae consigo una

mejora en la calidad nutritiva de los forrajes. Al respecto, en la Figura 6 se teorizan las relaciones entre la fertilización nitrogenada, el contenido de proteína cruda y la producción de forraje.

En el caso de la aplicación de fertilizantes nitrogenados, el uso de dosis moderadas de fertilizante en suelos con baja fertilidad, provoca un incremento importante en el contenido de proteína cruda del pasto y en la producción de forraje (Fase I); pero, luego el mayor efecto del fertilizante nitrogenado es sobre la producción de forraje antes que sobre el contenido de proteína cruda del pasto (Fase II). Ahora bien, cuando se utilizan dosis masivas del fertilizante nitrogenado, nuevamente se produce un efecto importante sobre el contenido de proteína de pasto, más los efectos sobre la producción de forraje son cada vez menores (Fase III). Por otro lado, el efecto benéfico de la fertilización nitrogenada sobre la digestibilidad ha resultado mínimo o nulo; incluso, en varios estudios los resultados han sido contrarios a lo esperado.

El efecto de la fertilización nitrogenada sobre el contenido de proteína cruda del pasto no debe analizarse independientemente de la frecuencia de corte o utilización, pues se ha observado que con cortes más frecuentes las diferencias en contenido de proteína cruda debidas a fertilización nitrogenada son más altas que cuando los cortes son menos frecuentes, tal como se ilustra en el Cuadro 7.

Factores de manejo de la pastura. En cuanto a los factores de manejo del pasto y sus efectos sobre la calidad del forraje, éstos no deberán analizarse independientemente del concepto de "selectividad". En el caso presente se van

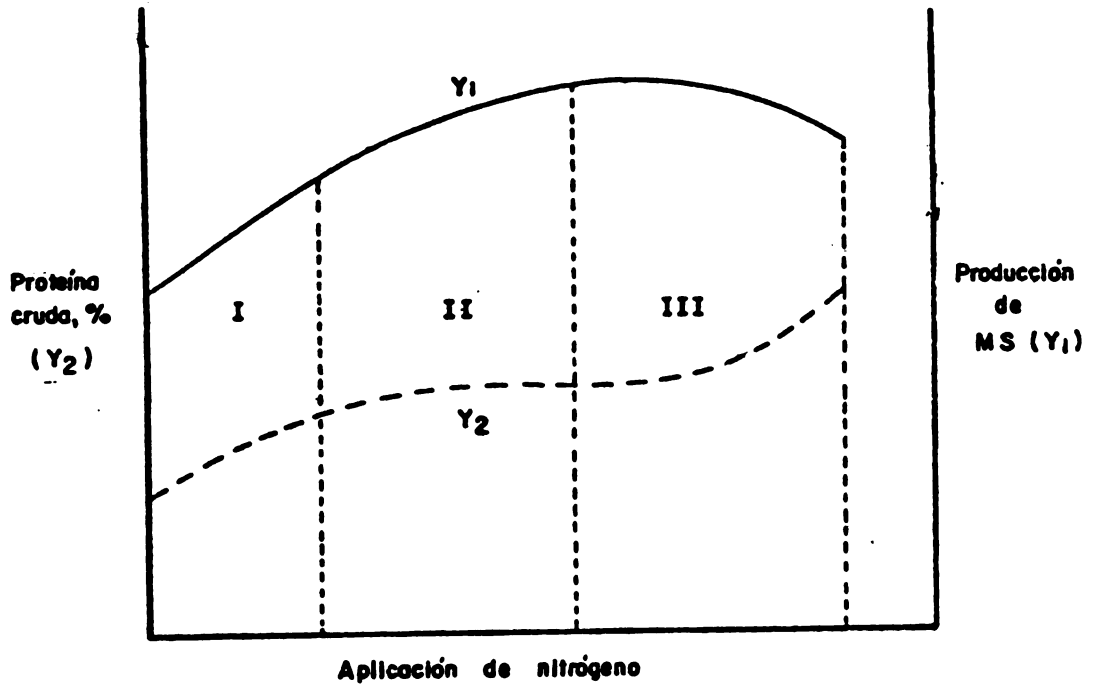


Fig. 6. Efecto de la aplicación de fertilizante nitrogenado sobre el contenido de PC y producción de MS

Cuadro 7. Rendimiento y contenido de proteína cruda en pasto estrella africana (*Cynodon nlumfuensis*) bajo dos niveles de fertilización y tres frecuencias de corte (Rodríguez y Morillo, 1977).

Frecuencia (días)	Nitrógeno (kg/ha/corte)	Rendimiento (kg/MS/ha/corte)	Proteína cruda (%)
28	0	1070	8.3
	46	2300	10.9
42	0	2025	7.7
	46	3791	7.4
56	0	2635	6.3
	46	5011	6.9

a discutir solamente dos factores de manejo: presión de pastoreo (expresado como forraje disponible por unidad de peso) y largo del período de ocupación.

A medida que la presión de pastoreo se hace menor (mayor disponibilidad de forraje por unidad de peso), el animal tiene mayor oportunidad de ejercer selección y, consecuentemente, la calidad del forraje consumido se incrementa y el consumo se hace mayor. El límite de consumo de forraje estará dado por las características nutricionales del forraje consumido (concentración energética y velocidad con que se digiere) y por la capacidad de consumo del animal.

Si bien hay resultados que muestran un aumento lineal en el consumo, a medida se incrementa la disponibilidad de forraje por unidad de peso, tal como se presenta en el Cuadro 8; no se debe esperar que se eleve el consumo o

que mejore la digestibilidad indefinidamente con el incremento en disponibilidad de forraje. Por el contrario, se teoriza que a altas disponibilidades de forraje se produce una disminución en la digestibilidad y consumo de forraje, como consecuencia de la acumulación de forraje residual, el cual se lignifica. Además, la acumulación de forraje residual provoca una disminución en la tasa de crecimiento de la pastura. Una ilustración de las relaciones entre la presión de pastoreo, la digestibilidad y el consumo, se presenta en la Figura 7.

Cuadro 8. Consumo bajo diferentes niveles de disponibilidad de forraje (Gibb y Treacher, 1978).

Disponibilidad kg MO/100 kg PV/día	Consumo ^{a/} kg MO/100 kg PV/día
2.6	1.94
3.4	1.91
4.9	2.21
7.5	2.90
11.6	3.82

^{a/} Determinado en ovejas

Otro factor de manejo que afecta la calidad nutritiva del forraje consumido es el largo de permanencia de los animales en el potrero. En la Figura 8, se presenta cómo disminuye el contenido de proteína cruda y la digestibilidad del forraje consumido a medida que se alarga el período de permanencia del animal en un potrero en particular; esto es producto de la reducción en

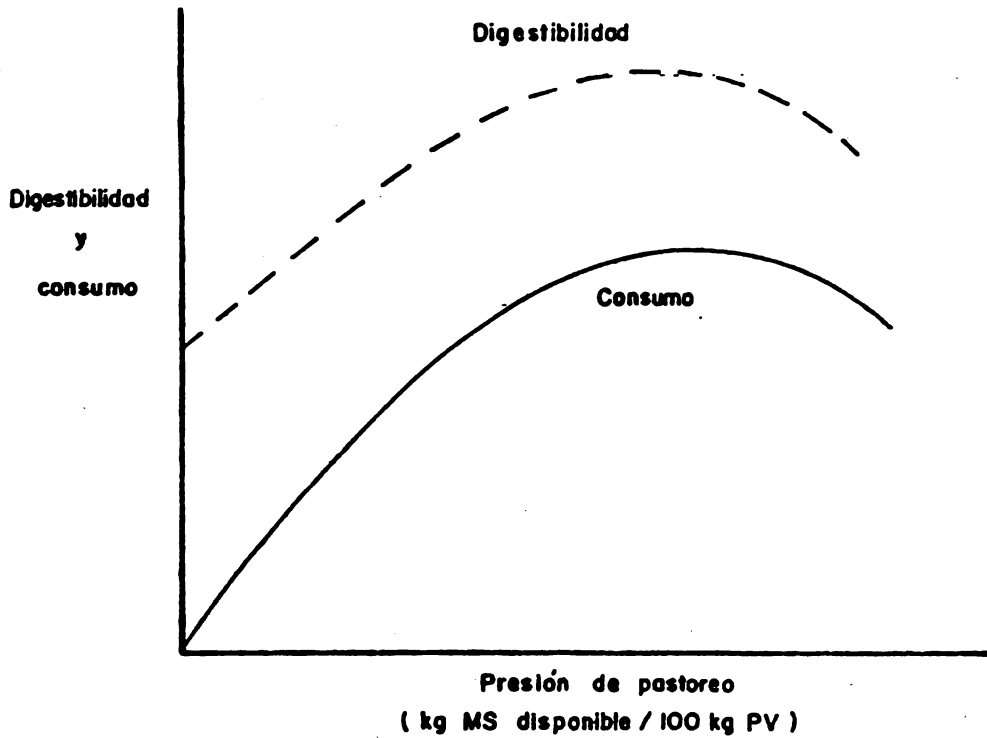


Fig. 7. Relación entre la presión de pastoreo, la digestibilidad y el consumo

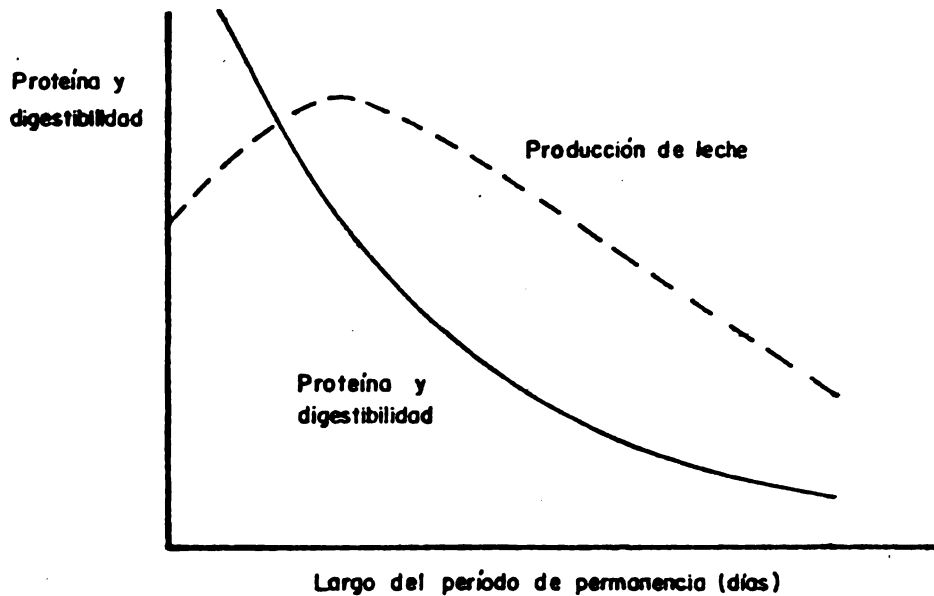


Fig. 8. Relación entre la duración del período de permanencia, la calidad nutritiva del forraje consumido y la producción de leche (Gutiérrez, 1974)

la disponibilidad de forraje y la consecuente disminución en la capacidad de selección del animal. Así mismo, en la Figura 8 se presenta la variación en la producción de leche obtenida por vaca, en función del mismo factor. Esto evidencia que no solo decae la calidad del forraje consumido sino que, eventualmente, puede afectarse también el consumo.

Factores propios del animal y de su manejo. Los factores propios del animal y de su manejo que afectan la calidad nutritiva de los forrajes son muchos y muy variados, razón por la que haremos mención sólo a algunos de ellos. Entre los factores propios del animal se pueden mencionar la especie animal, el estado fisiológico, etc., mientras que entre los factores de manejo se pueden mencionar: factores climáticos (temperatura, humedad relativa), frecuencia de alimentación, forma física del alimento, suplementación proteica y energética; etc.

En cuanto a diferencias en la calidad nutritiva de forrajes debidas a especies, a menudo se ha afirmado que existen diferencias en la capacidad de digestión entre especies rumiantes; sin embargo, en buena medida se han confundido las causas de un mismo efecto (calidad nutritiva). Las diferencias entre ovinos o caprinos versus bovinos son más debidas a la mayor capacidad de selección que tienen los primeros, antes que a diferencias en capacidad de digestión. Igualmente, cuando se han hecho comparaciones entre especies bovinas no se han detectado diferencias en digestibilidad ni en consumo, tal como en el Cuadro 9.

El estado fisiológico del animal es otro factor importante como determinante de la calidad nutritiva de los forrajes, expresado básicamente como

consumo. Las vacas lactantes muestran más altos consumos relativos que novillos y toros. Por otro lado, las vacas muestran niveles de consumo en los estadios iniciales de lactancia, los cuales tienden a incrementarse con el avance del período de lactancia hasta alcanzar un nivel máximo entre la 8a. y 20a. semana de la lactancia (Figura 9), para luego disminuir nuevamente.

La gestación y el contenido de grasa abdominal provocan una reducción del espacio abdominal y, consecuentemente, determinan un menor consumo por el animal.

Cuadro 9. Digestibilidad y consumo en diferentes especies bovinas tropicales (Moran, et al., 1979).

Especie	Digestibilidad MO (%)	Consumo kg MS/100 kg PV
Cebú x Europeo	54.4	2.14
Búfalo	54.0	2.09
Banteng	54.5	2.09
Europeo	53.4	2.26

Factores climáticos como la temperatura y humedad relativa tienen efecto sobre el consumo que ejerce el animal. En ganado europeo se ha observado que temperaturas superiores a 21°C provocan una reducción en el consumo (Figura 10). Este efecto puede ser más drástico, si conjuntamente con la temperatura alta se presenta una humedad relativa elevada. En el ganado criollo o cebuino se presenta el mismo efecto, con la diferencia que la temperatura crítica es

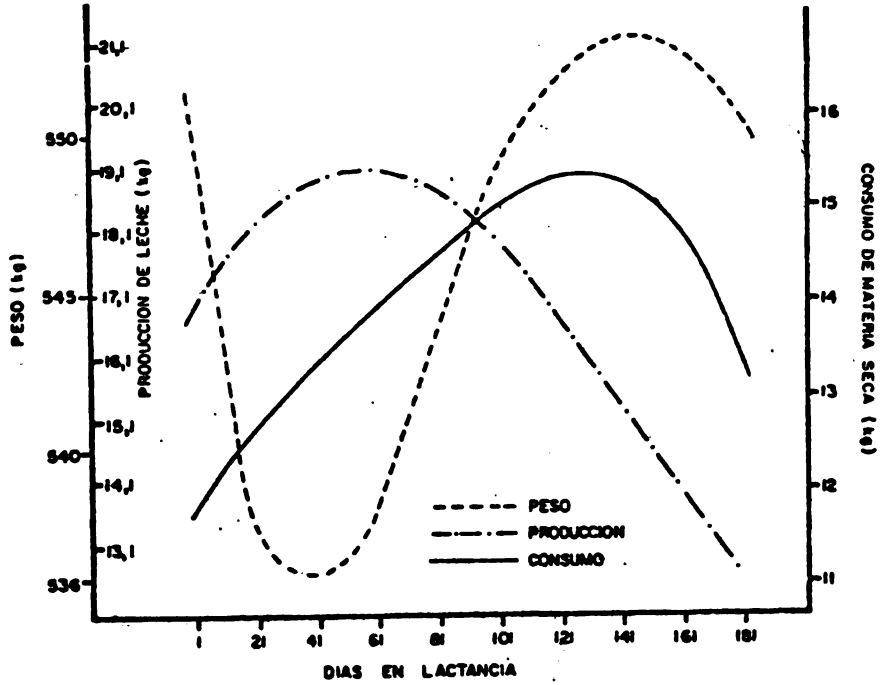


FIG. 9. CONSUMO DE MATERIA SECA, PRODUCCION DE LECHE Y PESO CORPORAL DURANTE EL DESARROLLO DE LACTACION

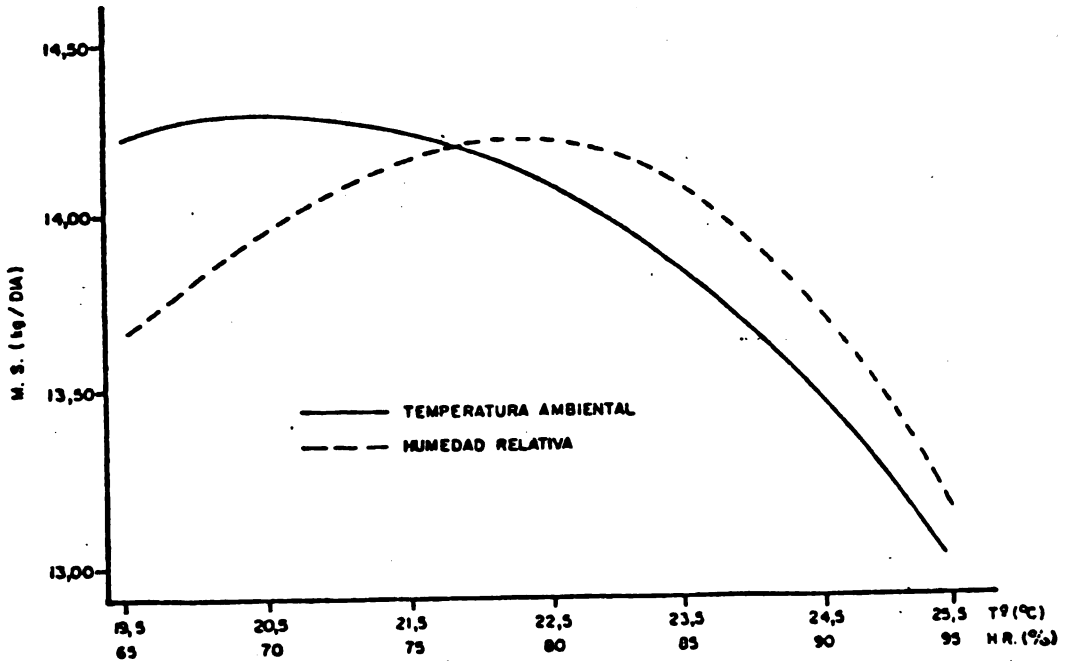


FIG. 10. CONSUMO DE MATERIA SECA EN DEPENDENCIA DE LOS FACTORES CLIMATICOS

mayor a la observada en ganado europeo.

El procesamiento que sufre un forraje (cambio de forma física) es otro factor que afecta la calidad nutritiva del mismo (Cuadro 10). La reducción en el tamaño de la partícula provoca un incremento en su velocidad de paso a través del tracto gastrointestinal, lo cual trae como consecuencia un incremento en el consumo voluntario de materia orgánica total y digerible, pese a que a la vez se produce una reducción en la digestibilidad.

Cuadro 10. Influencia de la forma física del forraje sobre algunos parámetros de calidad nutritiva (Milne y Campling, 1972).

Parámetro	Heno molido	Heno molido y peletizado
Consumo, kg MO/100 kg PV	1.54	2.00
Consumo, kg MOD/100 kg PV	1.12	1.28
Digestibilidad MO, por ciento	72.4	65.8
Tiempo de retención, horas	36.6	26.6

La suplementación es otro factor que puede afectar la calidad nutritiva de los forrajes. Su efecto puede ser benéfico o detrimental, dependiendo de la calidad del forraje y de la naturaleza del suplemento usado, así como del nivel utilizado del mismo. Así, cuando forrajes de baja calidad (contenidos de proteína cruda menores de 7 por ciento) se suplementan con fuentes proteicas se produce un incremento en la digestibilidad y el consumo, tal como se presenta en el Cuadro 11. En este caso, se habla de un efecto aditivo del suplemento sobre el forraje.

Cuadro 11. Efecto de la suplementación nitrogenada sobre la calidad nutritiva de un heno de baja calidad (Ammerman, et al., 1972).

Parámetro	-Suplementación nitrogenada		
	Ninguna	Harina de algodón	Urea + Harina de algodón
Contenido proteína cruda ración, ‰	2.5	8.6	8.1
<u>Digestibilidad del heno</u>			
Materia orgánica, ‰	49.6	54.3	58.5
Celulosa, ‰	42.9	48.2	53.7
Consumo de heno,			
Kg MS/100 kg PV/día	1.01	1.26	1.21

Por otro lado, cuando forrajes de buena calidad se suplementan con fuentes energéticas se produce una disminución en la digestibilidad del forraje, en su velocidad de digestión (Figura 11) y, consecuentemente, en el consumo (Figura 12). En este último caso, se habla de un efecto de sustitución parcial del forraje por el suplemento energético.

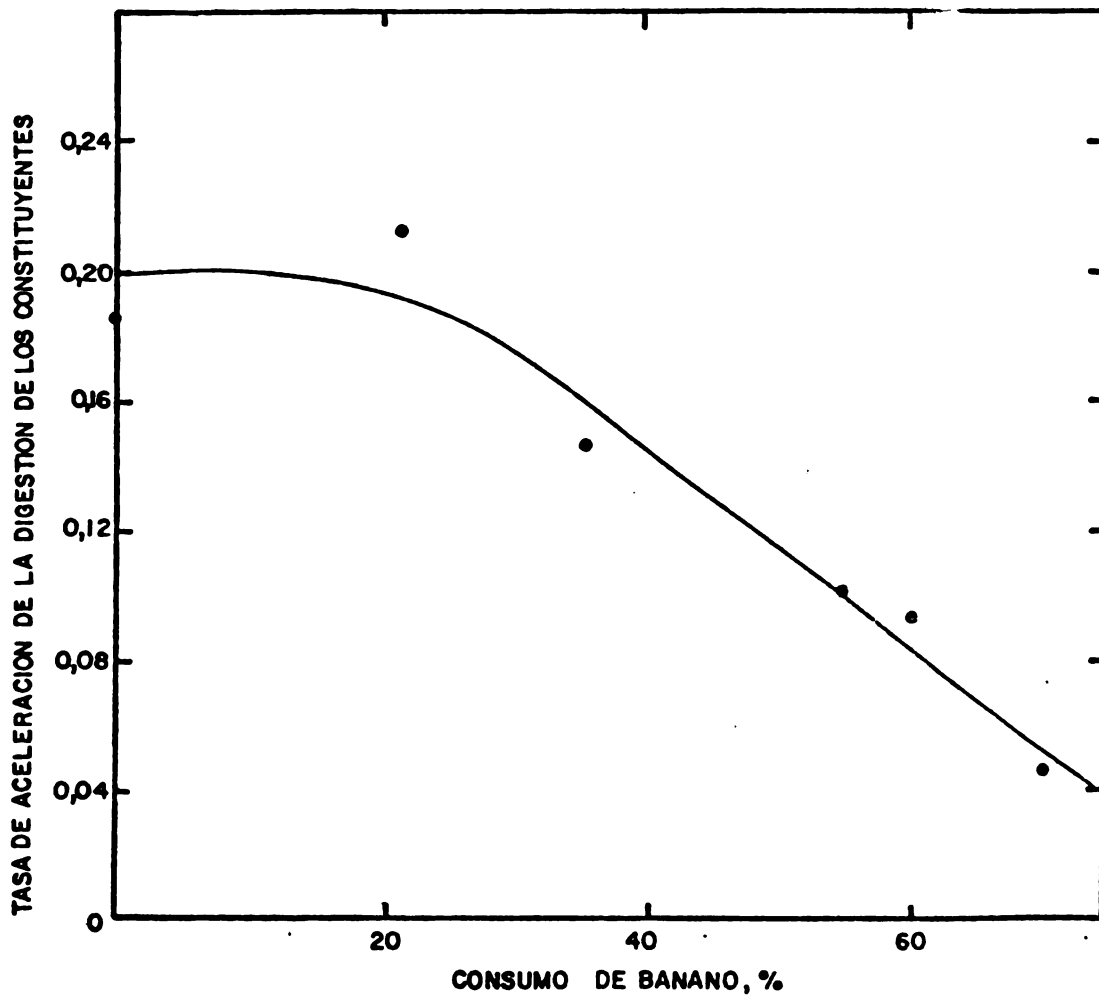


FIG. 11. TASA DE ACELERACION DE LA DIGESTION DE LOS CONSTITUYENTES DE LA PARED CELULAR EN FUNCION DE LA PROPORCION DE BANANO VERDE EN LA RACION (San Martín, 1980)

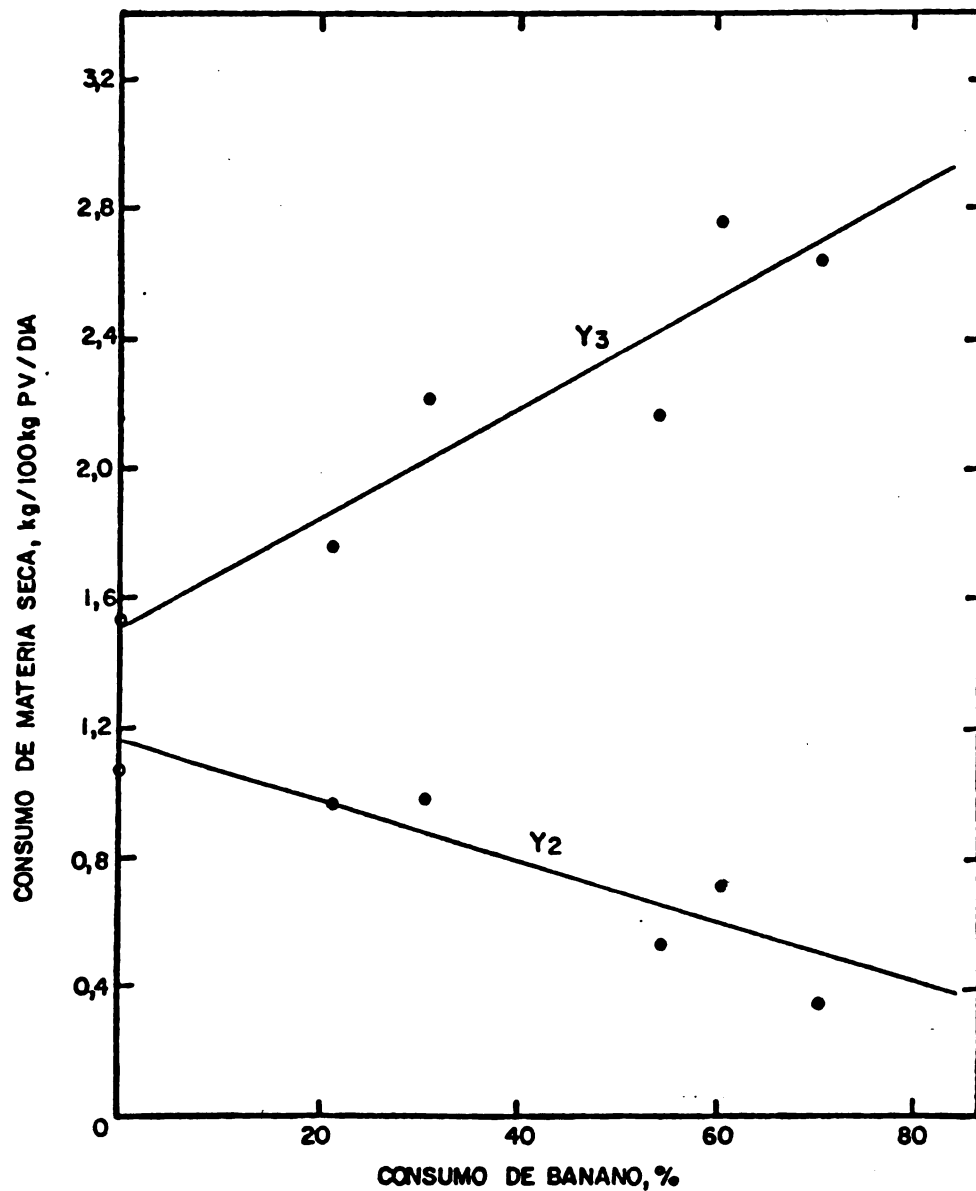


FIG. 12. CONSUMO DE FORRAJE (Y₂) Y MATERIA SECA TOTAL (Y₃) EN NOVILLOS FISTULADOS EN FUNCION DE LA PROPORCION DE BANANO VERDE EN LA RACION (San Martín, 1980)

ROL DE LAS LEGUMINOSAS EN LAS PRADERAS

Angel M. Iturbide, M.Sc.

INTRODUCCION

En los primeros años de la década de 1970, la producción de nitrógeno para fertilizantes alcanzaba la cifra de veinticinco mil millones de toneladas métricas que se distribuyeron en su mayor parte en países con alta tecnología agrícola y gran desarrollo económico. En los Estados Unidos y en los países Bajos, se utilizó durante este período, fertilizante nitrogenado a una tasa equivalente de 17 kg/persona/año, mientras que en la India, la proporción fue de sólo 0.7 kg/persona/año.

Este aporte de nitrógeno, necesario para la eficiente producción de los cultivos, es insignificante si se consideran las necesidades de este elemento en las plantas cultivadas; entre 300 a 700 kg/ha/año para especies cultivadas y de 160 kg/ha/año para las de sabana.

Sin embargo la fijación biológica de este elemento es significativa en la aportación de nitrógeno, entre 100 a 500 mil millones de toneladas métricas/año, la cual gran parte corresponde a la fijación simbiótica de Rhizobium-leguminosa. A través de esta acción, Rhizobium-leguminosa, se aprovecha en forma parcial el nitrógeno atmosférica, que constituye un 80 por ciento de los gases de la atmósfera y que está presente en el aire en concentraciones de hasta 60.000 toneladas de nitrógeno por cada ha, de suelo.

Lo anterior señala la importancia de las leguminosas y de la actividad

simbiótica con su *Rhizobium* en su contribución de nitrógeno en zonas, áreas o regiones; donde los costos, transporte, niveles recomendados, intensidad y tipo de explotación ganadera, hacen que los fertilizantes sean un insumo económicamente inaceptable muchas veces.

ORIGEN Y CLASIFICACION

Las leguminosas se originan en las áreas húmedas tropicales del tiempo Crestaceo superior, en donde se diferenciaron y distribuyeron a la gran diversidad de formas y hábitos que en la actualidad poblan la tierra, 700 géneros y 14.000 especies, contenidas en tres grandes familias: *Cesalpinaceae*, con tipo zigomórfico de inflorescencia, tipificado por Cassia; *Mimosaceae*, con flores actinomórficas en cabezuelas, representada por *Mimosa*, y Leucaena; *Papilionaceae*, con su característica flor de tipo mariposa representada por Centrosema y Macroptilium principalmente, además en esta familia se encuentra la mayoría de los géneros y especies, Cuadro 1.

Durante los milenios de su existencia, estas tres familias se han ajustado en diferente magnitud a las condiciones ecológicas cambiantes. La *Cesalpinaceae*, considerado como el grupo más primitivo, ha mostrado la mayor adaptación y migración a otras zonas ecológicas, abundando en su ambiente original, como parte del alimento de monos, pericos y murciélagos comedores de frutos; en el bosque tropical húmedo existe básicamente como árboles o gigantescas lianas leñosas con altura hasta de 45 metros, por ejemplo, Tessmania sp. La *Mimosaceae*, en su mayor parte arbórea o arbustiva se ha adaptado mejor y con más amplitud que la anterior, pero siempre en dirección a trópicos y sub-trópicos secos; el género Acacia, parece haber tenido el mayor

Cuadro 1. Cantidad de géneros y especies de leguminosas por zona ecológica*.

FAMILIA	Z O N A S	
	TROPICO-SUBTROPICO	TEMPLADA
<u>MIMOSACEAE</u>		
Género	31	1
Especie	1200	141
<u>CESALPINACEAE</u>		
Género	89	7
Especie	988	44
<u>PAPILONACEAE</u>		
Género	171	141
Especie	2430	4084

* (Norris, 1956)

éxito en esta dirección, con una sorprendente variedad de formas en Africa y Australia.

La familia Papilionaceae, a diferencia de las anteriores, ha migrado y adaptado en las regiones templadas y zonas árticas.

La adaptación de las leguminosas a las diferentes condiciones ambientales, ha estado acompañado por cambios progresivos en forma, desde el árbol a arbusto, a liana leñosa, a planta perenne y a planta anual; otros cambios han acompañado a esta reducción es su forma de crecimiento, disminución en el tamaño de sus frutos, de vainas largas carnosas con varias semillas a vainas pequeñas con pocas semillas ó solamente una, por ejemplo, el Stylosanthes humilis. Las especies anuales de las tribus Viciae y Trifoliceae (Pisum, Vicia, Lens, Lathyrus, Trifolium, Medicago) utilizadas en la agricultura tradicional de Europa y Norte América, representan las especies más

especializadas de la evolución de su forma de árbol original; su especialización se extiende a su nutrición y a bacterias simbióticas asociadas; su adaptación a suelos fértiles con alto contenido de calcio ha disminuido su eficiencia en la extracción de este elemento y otros del suelo, lo que ha incidido en su nodulación en suelos ácidos, requiriendo aplicaciones de cal; sin embargo, se adaptan a suelos ácidos de baja fertilidad, donde siempre han vivido y en los cuales nodulan libremente.

SIMBIOSIS RHIZOBIANA

El cultivo de las leguminosas forrajeras es probablemente el método más importante de agregar nitrógeno al sistema suelo-planta, tal como la demuestran los sistemas permanentes de agricultura de las regiones templadas. El papel que desempeñan estas especies en la naturaleza es difícil de estimar y cuantificar, sin embargo, se considera que gran parte del nitrógeno en el suelo puede haber sido el resultado de la actividad de ellas en el pasado. Se señala que en cualquier lugar, asociado con las leguminosas tropicales, hay un tipo de Rhizobium, al cual se le designa como tipo Cowpea; este tipo de microorganismo es un bastón con un solo flagelo subpolar, el cual en un medio de cultivo crece despacio y produce una reacción alcalina y muestra inoculación cruzada entre especies, géneros y tribus, por lo que corrientemente se le llama "promiscuo", no obstante presenta diferentes grados de especialidad Cuadro 2.

Cuadro 2. Sub-grupo de especificidad del *Rhizobium* tipo Cowpea*.

SUB-GRUPO	GENERO Y/O ESPECIE
No específico	Arachis, Cajanus, Crotalaria, Calopogonium, Dolichos, Vigna, Teraunus, Pueraria, P. Aureus, P. lathyroides, Macroptilium atropurpureum.
Intermedio	Desmodium, Centrosema, Lupinus. Stylosanthes.
Altamente específico	Glycine max, Lotononis, Leucaena.

* (Grahman y Hubbell, 1974)

El organismo asociado con las tribus altamente especializadas, Vicieae y Trifolieae, muestra flagelos en toda su superficie, cree rápidamente y produce una reacción fuertemente ácida en un medio de cultivo; presenta también una simbiosis muy especializada y una marcada inhabilidad en inoculación cruzada, excepto en especies dentro de un mismo género o entre géneros altamente relacionados.

El modo de ingreso de la bacteria en la leguminosa es común para todas las especies; el organismo entra infectando un pelo radicular en la zona de influencia de las secreciones radiculares (rhizósfera), posteriormente afecta la zona meristemática de la raíz y por división celular de la planta se inicia el crecimiento del nódulo característico alrededor de la bacteria, la cual se ha transformado en bacteroide; este proceso va acompañado por la formación del pigmento rojo, hemoglobina, el cual está íntimamente asociado a la fijación de nitrógeno.

La forma de los nódulos varía y depende de la especie de huésped. En varias especies tropicales los nódulos son esféricos y se agrandan incrementando su tamaño en todas las direcciones. En otras, la actividad meristemática es apical por lo que el nódulo se alarga; si el meristemo se divide, el nódulo desarrolla un crecimiento como los dedos de la mano.

Cualquiera que sea la morfología del nódulo, la magnitud de su actividad en la fijación de nitrógeno puede evaluarse por la cantidad e intensidad de color rojo en el área bacterial. El cuadro característico de una simbiosis inefectiva, se presenta con un gran número de nódulos blandos de tejido blanquicino o verde en el interior y en forma simultánea, la planta muestra síntomas de deficiencias en nitrógeno.

NUTRICION MINERAL

La falta de nutrientes afecta la producción simbiótica de nitrógeno por las leguminosas en tres formas: sobre la iniciación y desarrollo de los nódulos; sobre la eficiencia de la simbiosis Rhizobium-leguminosa y sobre el metabolismo y crecimiento vegetal, independientemente de la simbiosis. El éxito de los nutrientes en el primer y segundo grupo, depende de la óptima disponibilidad y eficiencia de todos los otros nutrientes y viceversa. Algunos nutrientes no necesariamente pertenecen a una sola categoría, ya que en muchos casos tienen múltiples acciones; así por ejemplo, el molibdeno tiene funciones esenciales en el segundo grupo, pero también actúa en el tercero; en igual forma, el fósforo actúa en los tres grupos. Algunos nutrientes que afectan la producción de nitrógeno de las leguminosas se discuten a continuación en forma resumida.

Calcio

La disponibilidad de calcio en el suelo constituye uno de los factores que tiene mayor acción sobre la formación y funcionamiento de los nódulos. El inicio de formación de los nódulos demanda mayor cantidad de calcio que en el crecimiento mismo de la planta. En suelos ácidos, puede existir una deficiencia de calcio o éste puede estar en una forma inaprovechable, debido a la presencia en exceso de aluminomanganeso en solución, lo cual inhiben la disponibilidad de calcio. Las leguminosas tropicales, no especializadas, tienen gran habilidad para nodular en suelos ácidos deficientes de calcio, debido a que utilizan en primer lugar *Rhizobium* de reacción alcalina, resistente a la acidéz y por que las plantas, aunque necesitan de este elemento para la formación de sus nódulos, son altamente eficientes para extraerlos del suelo.

Fosforo

El efecto del fósforo sobre las leguminosas y la producción de nitrógeno es en la producción de materia seca y concentración de nitrógeno de la planta; proporcionalmente con la adición de fósforo a su sistema suelo-leguminosas, se presenta un incremento en las concentraciones de nitrógeno y de fósforo en el tejido vegetal. Figura 1.

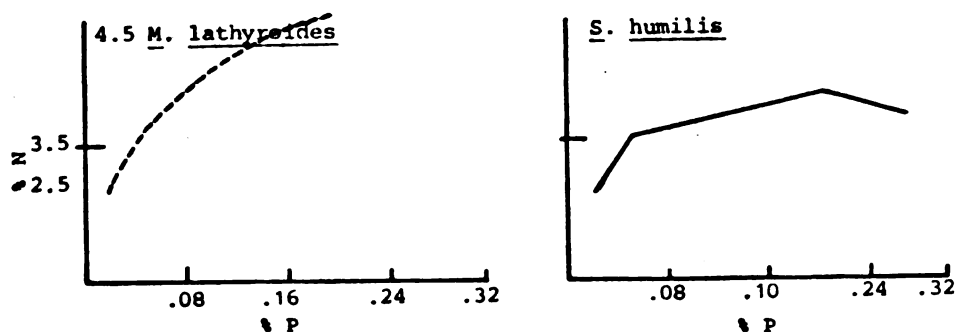


Figura 1. Efecto del fósforo sobre las concentraciones de este elemento y nitrógeno en el forraje de dos leguminosas tropicales (Andrew, 1976).

Molibdeno

El molibdeno es de importancia en la fijación simbiótica de nitrógeno. La cantidad de este elemento es mucho mayor en los nódulos que en la planta entera; requiriéndose más de los niveles del mismo para la fijación de nitrógeno, que para el crecimiento de la planta.

El molibdeno se vuelve más disponible en suelos conforme decrece su acidez, condición que se logra frecuentemente con la adición de cal; las leguminosas tropicales, adaptadas a suelos ácidos, muestran mayor eficiencia en la obtención del molibdeno que las de zonas templadas. Es de mencionar que la acción de las quemas favorece la disponibilidad de este elemento.

Azufre

La aplicación de azufre incrementa la producción de materia seca y las concentraciones de azufre y nitrógeno en la planta; así mismo se mejora el grado de nodulación.

Cobalto

El cobalto está directamente relacionada al contenido de hemoglobina del nódulo. La vitamina B₁₂ (contiene cobalto como parte de su molécula) se encuentra concentrada en los nódulos radiculares de la leguminosa, particularmente en aquellos que contienen hemoglobina; la síntesis de hemoglobina en el nódulo es el resultado de la relación simbiótica, ya que no puede ser sintetizado ni por la planta ni por el microorganismo solo. Debe considerarse que el *Rhizobium* es un organismo productor de vitamina B₁₂.

Boro

El Boro es un elemento esencial en el desarrollo de las raíces y nódulos. En algunos casos las deficiencias de boro y calcio son similares en varios aspectos; retraso de crecimiento radicular, coloración y daños en el tejido apical, por lo que se debe analizar el tejido vegetal para determinarlo .

VALOR NUTRICIONAL

El valor nutricional de cualquier alimento depende de la cantidad consumida y del grado en que este consumo supla al animal sus requerimientos de energía, proteína, minerales y vitaminas. No es posible, calificar a las leguminosas en orden, en cuanto a su valor nutricional, ya que son pocas las especies que han sido comparadas en el mismo ambiente; sin embargo, las leguminosas en términos generales, sobrepasan o igualan a las gramíneas forrajeras en casi todos los aspectos de composición química y valor nutricional; contenido de proteína, energía, minerales, consumo voluntario, palatabilidad y digestibilidad.

En las regiones templadas, la alfalfa (*Medicago sativa*) se considera como el forraje ideal, sin embargo en el trópico hay leguminosas que se comparan favorablemente, caso de la *Leucaena leucocephala* Cuadro 3. En este caso, el contenido de amino ácidos de la *Leucaena*, iguala o es superior en algunos, al contenido de alfalfa o de copra, subproducto de la extracción de aceite de coco, utilizado como fuente proteica en algunos países. Cuadro 4.

En el cuadro 5 se presentan algunas experiencias en latitudes subtropicales, obtenidas con gramíneas y leguminosas a diferentes edades, en relación al consumo voluntario; Los resultados favorecen a las leguminosas.

Cuadro 3. Composición en base seca de la alfalfa (Medicago sativa) y de Leucaena (Leucaena leucocephala)*.

COMPOSICION	LEUCAENA (HOJAS)	ALFALFA (HOJAS)
Ceniza total, %	11.0	16.6
Nitrógeno total, %	4.2	4.3
Proteína cruda, %	25.9	26.9
Fibra (ácido detergente), %	20.4	21.7
Calcio, %	2.36	3.15
Fósforo, %	0.23	0.36
Caroteno Beta, Mg/Kg	536.0	253.0
Energía bruta, Kg/g	20.1	18.5
Taninos, Mg/g	10.15	0.13

* National Academy of Sciences, 1977.

Cuadro 4. Amino ácidos importantes en la proteína de Leucaena, Copra y alfalfa.* (Mg/gramo de nitrógeno).

AMINO ACIDO	LEUCAENA	COPRA	ALFALFA
Arginine	294	822	357
Cistina	88	76	77
Histidina	125	128	139
Isoleucina	563	244	290
Leucina	469	419	494
Lisina	313	220	368
Metionina	100	120	96
Metionina + Cistina	188	196	173
Fenilalanina	294	283	173
Treonina	231	212	290
Tirosina	263	167	232
Valina	338	339	356

* National Academy of Sciences, 1977.

Cuadro 5. Consumo voluntario de forrajes sub-tropicales en el S.E. de Queensland. (g./kg peso vivo. 73).*

GRAMINEAS		EDAD EN DIAS		
Pasto Buffel, var. Molopo	30	80	150	250
Pasto Buffel, var. Molopo	79	55	42	22
<u>Shorghm almun</u> , var. Crooble	78	64	42	
Pasto Rhodes, var. Sanford	42	40		
Pasto Rhodes, var. Callide	64	62	59	
<u>LEGUMINOSAS</u>				
<u>Glycine javanica</u> , var. Cooper			80	92
<u>Macroptilium atropurpureum</u>			72	75

* Milford y Minson, 1965.

Las gramíneas forrajeras tropicales presentan mayores rendimientos que las gramíneas de zonas templadas y que las leguminosas tropicales; esta gran habilidad de producción es debido a su alta tasa fotosintética y asimilación neta, combinada con una imperceptible fotorespiración y baja resistencia intra celular de CO_2 , razón por la cual producen mayor cantidad de materia seca por unidad de agua transpirada que las leguminosas tropicales; sus coeficientes de transpiración (g de agua/g de materia seca producida) es aproximadamente la mitad de los de las leguminosas tropicales.

En general y en términos absolutos, las leguminosas adaptadas producen solamente la mitad comparadas a las gramíneas tropicales en suelos considerados de adecuada fertilidad y donde el elemento nitrógeno no es limitante; sin embargo, los rendimientos obtenidos se comparan favorablemente con las leguminosas de climas templados. Cuadro 6.

Cuadro 6. Producción de materia seca de algunas leguminosas forrajeras en diferentes regiones tropicales.*

REGION/LEGUMINOSAS	TON/HA/AÑO	OBSERVACIONES
SUB-TROPICAL		
Glycine weghtii	.53 - 5.30	Corte y pastoreo Superior a glycine en areas húmedas.
Desmodium uncinatum	2.40 - 5.47	
Lotononis bainesii	2.10 - 3.60	Baja persistencia en pastoreo.
Macroptilium atropurpureum	8.60	Corte; entre 4 y 16 semanas.
Desmodium intortum	6.47	Corte, producción de nueve meses.
Leucaena leucocephala	12.6	
TROPICO SECO		
Stylosanthes humilis	2.7 - 5.2	Promedio de 3 años
Stylosanthes hamata	1.0 - 2.49	
Stylosanthes guyanensis	.22 - 4.07	Corte, producción del primer año y posteriores.
Leucaena leucocephala	8 -14.0	
TROPICO HUMEDO		
Centrosema brazilianum	12.95	Baja tolerancia para cortes frecuentes.
Centrosema pubescens	10 -11.7	
Centrosema plumieri	6.8	

* Jones, 1976.

La alfalfa en condiciones favorables produce alrededor de 8,000 kg de materia seca por hectárea por año; sin embargo, en algunas situaciones tropicales se han logrado altos rendimientos, 12,600/kg/ha/año con Leucaena leucocephala, durante un período de nueve meses; 15,800 kg/ha/año con Desmodium intortum; de 20,000 kg/ha/año con Leucaena leucocephala. (En la Costa Sur de Guatemala se reportan producciones de 8 a 14 toneladas/ha/año

el primero y años subsiguientes). Rendimiento superiores han sido obtenidos con riego; 24,000 kg con Macrotilium atropureum; 39,000 kg, de Phaseolus trilobus; 30,000 kg con Leucaena leucocephala y 64,000 kg/ha/año con Desmanthus virgatus.

La digestibilidad de la materia seca encontrada en veinte y ocho leguminosas forrajeras tiene un rango de 36 a 69.3% y una media de 54.0%; estos valores son similares a los encontrados en quinientos cuarenta y tres gramíneas tropicales evaluadas a diferentes estados de madurez.

El porcentaje de proteína analizado en 170 leguminosas forrajeras tropicales varía desde 5.6 por ciento para Stylosanthes humilis en corte, hasta 35.8% para las hojas de Leucaena leucocephala, con una media de 17.2%; estos niveles de proteína cruda son mayores que los encontrados en gramíneas tropicales, que tienen una media de 7.7%.

La presencia de leguminosas en pastura de gramíneas es deseable, ya que incrementa el contenido de proteína cruda de la mezcla; también el alto contenido de proteína cruda de las leguminosas actúa como un suplemento para el bajo porcentaje de proteína de las gramíneas. Debe tenerse presente que cuando la única dieta del animal está formada por gramíneas, en estado avanzado de crecimiento o madurez, la actividad ruminal se reduce o cesa por la ausencia de nitrógeno en la dieta. Resultados con gramíneas de zonas templadas indican que la actividad bacteriana es reducida si el porcentaje de proteína cruda en la dieta es menor del 8.5%; para gramíneas tropicales, una baja marcada de consumo ocurre cuando el porcentaje de proteína cruda se reduce abajo de 7.0 por ciento.

Esta reducción o cese de la actividad bacteriana, por la falta de un nivel determinado de nitrógeno en la dieta, tiene serias implicaciones en la productividad del animal y en la rentabilidad de la empresa ganadera; el cese de la actividad bacteriana trae como consecuencia inmediata un déficit energético en el animal, ya que estos organismos, al dejar de trabajar la fibra del pasto consumido para la producción de ácidos grasos volátiles, fuente primaria de energía para el rumiante. Esta misma inactividad bacteriana, tiene como resultado un cese en la síntesis de las vitaminas del complejo B y lógicamente en la síntesis proteica, con el resultado final reflejado en la reducción de los parámetros reproductivos, de crecimiento y de producción del animal.

La aportación extra de nitrógeno por parte de las leguminosas para mejorar los límites críticos de proteína de los pastos, especialmente en condiciones del trópico, es de gran importancia en la eficiencia de la ganadería del trópico americano; en lugares como Australia y Nueva Zelanda, han sido usados favorablemente y constituyen la base y éxito de sus ganaderías. Algunas de estas experiencias se presentan en el Cuadro 7.

LAS LEGUMINOSAS EN EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA SUELO-PLANTA-ANIMAL

La importancia de las funciones de la fijación simbiótica de nitrógeno por las leguminosas forrajeras y otras características sobre el mejoramiento del sistema suelo-planta-animal, pueden resumirse de la siguiente manera:

- a) La habilidad para fijar nitrógeno atmosférico brinda a las leguminosas una ventaja competitiva en la asociación con gramíneas y malezas.

Cuadro 7. Algunas experiencias con el uso de leguminosas forrajeras tropicales en producción animal.

AUTOR	EXPERIENCIA
Stobbs, 1977	<u>Leucaena leucocephala</u> , + asocio con gramíneas, en potreros, mostro producciones de 5,000 a 6.000 litros/ha.
Pluchnett, 1970	<u>Leucaena leucocephala</u> + <u>Panicum maximum</u> + suplemento, mostro excelente comportamiento animal: 6.0 U.A./ha/año; 9,000 litros de leche y 400 kg de peso vivo/ha/año.
Bryan, 1970	Pasturas con un 30% leguminosas, tienen un potencial equivalente a pasturas de gramíneas + 400 kg N/ha/año.
Minson y Milford, 1967	20% de leguminosas en una pastura, incrementan consumo voluntario en un 50 a 100%, mejorándose el rendimiento animal.
Evans, 1970	Estrecha relación entre el contenido de leguminosas en la dieta y el rendimiento en peso vivo.
National Academy of Sciences, (1977)	<u>Leucaena leucocephala</u> + <u>Panicum maximum</u> , en potreros, mantuvieron cargas animal de 2.5 U.A./ha/año.
National Academy of Sciences, (1977)	<u>Leucaena leucocephala</u> + <u>Panicum maximum</u> , en potreros, en condiciones muy favorables de humedad y suelo, mantuvieron cargas animal de 6.0 U.A./ha/año.
Jones, 1977	<u>Leucaena</u> + <u>Setaria Sphacelata</u> , var. Nandi, en potreros, produjeron aumentos diarios de 1.0 kg de peso vivo.
Jones, 1977	<u>Leucaena leucocephala</u> asociada con gramínea, produjo aumentos hasta de 900 kg/ha/año de peso vivo.
Nuthall y Whiteman, 1972	Leguminosas asociadas con gramíneas en potrero, tienen potencial para producción de peso vivo, en condiciones naturales, entre 350 a 550 kg/ha/año.

- b) La presencia de las especies leguminosas en el forraje, provee una mejor dieta para el ganado, ya que éstas tienen un valor nutricional relativamente superior y específicamente por que mantienen una concentración alta de nitrógeno que las gramíneas, especialmente en etapas de madurez.
- c) Las leguminosas noduladas no experimentan la rápida dilución de la concentración de nitrógeno vegetal, que ocurre cuando las leguminosas sin nodulación u otras especies no leguminosas, desarrollan y crecen bajo una limitada disponibilidad de nitrógeno.
- d) Las leguminosas contribuyen con nitrógeno que puede ser de utilidad para subsiguientes cultivos (abono verde).
- e) Las leguminosas, con su extenso y profundo sistema radicular, contribuyen a mejorar la estructura, aireación del suelo y su infiltración de agua; Además, hacen disponibles, a la gramínea asociada, nutrientes y humedad que extrae de bajos niveles del suelo, donde la raíz de las gramíneas no llegan.

Las leguminosas transfieren nitrógeno a las gramíneas en los potreros mixtos bajo dos formas: a través de la excreta del ganado pastando y en forma subterránea.

Además de estas dos formas, las leguminosas ofrecen un aporte de materia orgánica, nitrógeno y otros elementos al suelo cuando se utilizan como abono verde. Cuadro 8.

La simbiosis de las leguminosas *Rhizobium*, contribuyen en una mejor propagación del nitrógeno fijado en los suelos en forma biológica; esta cantidad

Cuadro 8. Rendimientos de nitrógeno de leguminosas utilizadas como abono verde.*

ESPECIES	PERIODO DE CRECIMIENTO (MESES)	REND. KG/HA	LUGAR
<i>Cassia leschenaultian</i>	3.5	77	Filipinas
<i>Phaseolus calcaratus</i>	2.5	202	Filipinas
<i>Desmodium intortum</i>	12	101	Filipinas
<i>Calopogonium muconoides</i>	6	330	Filipinas
<i>Indigofera hendecaphylla</i>	6	206	Filipinas
<i>Crotalaria usaramoensis</i>	6	477	Filipinas
<i>Mucuna deeringiana</i>	--	120	Nigeria
<i>Cajanus cajan</i>	5.5	121	Hawaii
<i>Melilotus officinalis</i>	--	150	Iowa (USA)
<i>Vicia villosa</i>	--	133	New Jersey (USA)
<i>Vicia atropurpurea</i>	--	106	California (USA)
<i>Melilotus indica</i>	--	118	California (USA)
<i>Glycine javanica</i>	12	175	Kenya
<i>Centrosema</i>	4.6	57-224	Indias Orientales

* Henzell y Norris, 1962.

de nitrógeno tiene una alta correlación con el rendimiento de las leguminosas (tamaño de la planta). Aunque los cálculos varían, se señala un rango de fijación entre 100 a 200 kg de nitrógeno/ha/año, cantidad equivalente a 500 kg de sulfato de amonio ó 230 kg de urea, Cuadro 9.

En el Cuadro 9, se observa que las leguminosas forrajeras tropicales pueden fijar niveles de nitrógeno tan altos como aquellos de las zonas templadas; esta fijación de nitrógeno con leguminosas tropicales es notable y varía en algunas especies y variedades, así por ejemplo, mientras que en Mauritius, Leucaena leucocephala produjo en un año 270 kg, en Hawaii, durante

Cuadro 9. Niveles de fijación de nitrógeno de algunas leguminosas forrajeras.

ESPECIE	PAIS	KG/HA/AÑO	AUTOR
<u>Macroptilium atropurpureum</u>	Australia**	70-130	Jones <u>et al</u> 1967
<u>Desmodium canum</u>	Hawaii*	97	Whitney y Green 1968
<u>Desmodium intortum</u>	Hawaii*	264	Whitney y Green 1969
<u>Desmodium intortum</u>	Hawaii*	300	Whitney, 1970
<u>Desmodium uncinatum</u>	Kenia*	66-159	Thairu, 1972
<u>Glycine max</u>		33-40	Hardy <u>et al</u> 1971
<u>Glycine max</u>		40-120	Sundara Rao, 1971
<u>Glycine max</u>		40-180	Erdman, 1959
<u>Stylosanthes guyanensis</u>		100	Henzell y Norris 1962
<u>Desmodium intortum</u>		150	Nishustin y Schilnikova, 1966
<u>Medicago sativa</u>		90-200	Bell y Nutman, 1970
<u>Trifolium subterraneum</u>		100-200	Erdman, 1959
<u>OTROS AUTORES</u>			
<u>Leucaena leucocephala</u>	Hawaii	500	National Academy of Sciences, 1977

* Citado por: Santhirasegaram, 1975

** Citado por: Graham y Hurrell, 1974

tres años, esta especie mostró rendimientos de nitrógeno promedio de 462 kg/ha/año. Resultados de una época de crecimiento en Samford, Queensland, Australia, muestran un rango de producción de nitrógeno para Leucaena de 65 kg para el tipo de Hawaii, de bajos rendimientos, hasta de 515 kg de nitrógeno/ha/año para la variedad Peruana.

Transferencia en las heces

Por regla general el ganado excreta la mayor parte del nitrógeno y otros elementos que consume (alrededor de un 70 por ciento de la materia orgánica, y elementos mayores). Sin embargo, parte de este nitrógeno (alrededor de 2.5 kg por cada tonelada de estiércol) y de otros nutrientes, puede ser utilizado por la planta de inmediato, el resto del nitrógeno se pierde por escorrentía y volatilización. Figura 2.

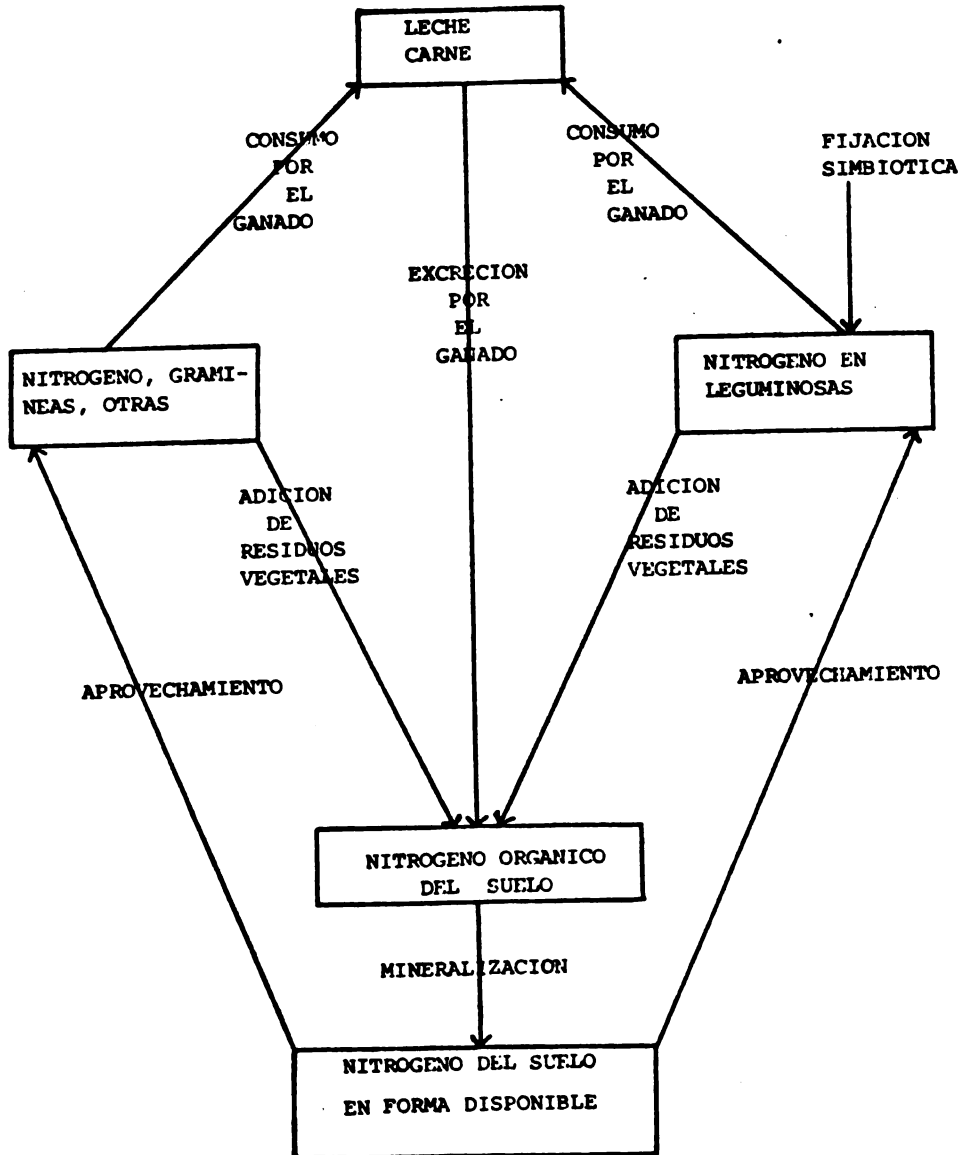
Transferencia subterránea

Se realiza a través del envejecimiento y descomposición del material vegetal, ya sea de tejidos viejos que mueren en forma natural o de tejido de cualquier edad, que se pierde por efecto del pisoteo, sequía, y enfermedad.

Producción animal

Aunque no se dispone de una extensa y completa información sobre la producción animal en el trópico, a base de leguminosas solas o asociadas, como es el caso de las regiones templadas, varias de las experiencias realizadas sobre este aspecto, especialmente en Australia, señalan el importante rol productivo y económico del uso de leguminosas en la ganadería tropical.

Figura 2. Diagrama del flujo del nitrógeno en una pastura de leguminosas asociada con gramíneas (Henzell, 1970).



Una pastura con un 30 por ciento de la población de leguminosas, debidamente funcionando, tendría el potencial para dar ganancia de peso vivo, similares a otras pasturas iguales, con sólo gramíneas y con 400 kg de nitrógeno/ha/año. Diferentes experiencias indican una relación lineal entre el rendimiento de materia seca de las leguminosas y la cantidad de nitrógeno fijado por la misma; en igual forma se comprobó que el comportamiento animal tiene una relación con el contenido de las especies leguminosas en la dieta animal y se señala que en condiciones del trópico, cuando las leguminosas comprenden alrededor de un 20 por ciento de la cubierta forrajera de una pastura, el consumo de forraje durante la época seca se incrementa en un 50 a un 100 por ciento, mejorando en consecuencia el rendimiento del ganado; el rendimiento de peso vivo del ganado vacuno guarda una relación lineal con el contenido de leguminosas en el forraje hasta aproximadamente un 40 por ciento, posteriormente la presencia de ellas en mayores proporciones inciden en una disminución de los rendimientos totales de materia seca, lo que disminuye las ganancias de peso vivo por unidad de superficie.

En potreros de Leucaena leucocephala, interplantada con pasto Guinea (Panicum maximum), se ha logrado una carga animal de 2.5U.A/ha; en condiciones favorables, potreros de Leucaena-gramínea (en proporción de 1:1), han logrado mantener 6.0 o más novillos adultos/ha/año. En pasturas de Leucaena-Stetaria sphacelata, var. Nandi, se han logrado aumentos de peso vivo de 1000kg/ha/200 días, reflejado que con una carga alta, la cantidad de carne que puede producirse en pasturas con Leucaena, en áreas con alta precipitación o bajo riego, es significativamente alta; por ejemplo, en el norte de Australia se han obtenido 900 kg/ha/año con Leucaena.

En Australia se ha demostrado que puede producirse carne a un costo relativamente bajo en pastos tropicales mejorados a base de leguminosas; sin embargo, las leguminosas fijan un límite alrededor de 550-600 kg de ganancia de peso vivo por hectárea por año. En condiciones experimentales, se logran ganancias de 800 kg/ha/año a partir de pasturas de leguminosas y gramíneas; La mayor frecuencia de los aumentos de peso vivo reportados ha sido del orden de 350 a 550 kg/ha/año.

Con ganado de leche las producciones anuales, de Australia, a base de Leucaena, han sido de 5000 a 6000 litros/ha/año. En Hawaii, durante doce años, la producción media de leche/ha, con una carga ⁴ de 6.0 animales y en pasturas asociadas de Leucaena-Guinea en proporción de 1:1, con suplementación, ha sido de 9.700 litros de leche y de 400 kg de peso vivo/ha/año. Estos valores señalan que, en condiciones del trópico, los pastos mejorados que incluyan leguminosas son capaces de permitir una producción arriba de los 2.000 litros de leche por lactancia.

En el cuadro 10 se presentan algunos resultados obtenidos en diferentes condiciones ecológicas, en el sistema suelo-pasto-animal, donde se utilizaron las leguminosas como componente principal. En forma general, los mejores resultados obtenidos en cuanto a carga animal, y aumentos de peso no son tan altos como los reportados por la literatura con el uso de fertilizantes nitrogenados, especialmente en empresas pequeñas de carne o leche manejadas intensivamente, donde una producción grande de productos de origen animal, garantiza un nivel de ingresos altos; sin embargo los recursos tierra son limitantes, con los consiguientes altos valores de la misma; no obstante, las vastas regiones tropicales, sabanas o montes, con tierras ácidas, de fertilidad generalmente baja, ofrecen grandes potenciales de producción de

Cuadro 10. Efecto del uso de leguminosas en el sistema suelo-planta-animal.*

CONDICION ORIGINAL	TECNOLOGIA APLICADA	CONDICION APLICADA
Suelos: costero-arenosos Precipitación: 1500 mm Areas: consideradas como improductivas	Establecimiento de leguminosas asociadas.	Carga animal: 2.5 U.A./ha/año Aumento de peso: 300 kg/ha/año
Suelos: forestales	Establecimiento de <u>Stylosanthes-Guinea-Centrosema</u>	Aumento de peso: 616 kg/ha/año
Suelos: costero-arenosos Precipitación: 890-1000 mm Especie: <u>Heteropogon contortus</u> Capacidad de carga: 0.25 U.A./ha/año	Establecimiento de <u>Stylosanthes humilis</u> sobre pasto <u>Nativo</u>	Carga animal: 1.25 U.A./ha/año Aumento de peso: 224kg/ha/año
Especie: gramas naturales Precipitación: 769 mm Aumentos de peso: 45 kg/ha/año	Establecimiento de <u>Stylosanthes humilis</u> <u>Panicum maximum</u> (Panizo verde)	Aumento de peso: 112 kg/ha/año

* Yates, 1975

COMENTARIO FINAL

El uso de las leguminosas forrajeras tropicales es una alternativa práctica y económica para incrementar el valor nutricional de las pasturas tropicales y mejorar los parámetros productivos de las ganaderías del trópico. Prescindiendo de condiciones climáticas suficientemente favorables, los factores a considerar en relación al eficiente uso y aprovechamiento de las leguminosas en las pasturas tropicales son:

- El establecimiento de una simbiosis efectiva entre la leguminosa y el Rhizobium.
- El eficiente nivel nutricional de la planta y del Rhizobium para el completo desarrollo y producción de la forrajera y de la simbiosis Rhizobium-leguminosa.
- El manejo a utilizarse debe tener relación con el sistema de pastoreo y carga animal en tal forma, que permita un mejor aprovechamiento y persistencia de la leguminosa.

Varias experiencias con leguminosas forrajeras tropicales indican que, a menos que no se tome en consideración diferentes aspectos y factores en el establecimiento y manejo de estas especies, de escasa o ninguna importancia para las gramíneas forrajeras tropicales, su eficiencia para crecer, persistir y llevar a cabo la función "Fijación simbiótica de nitrógeno" no podrá ejecutarse a cabalidad.

En forma resumida se presenta en el Cuadro 11 algunos factores y situaciones que limitan el establecimiento, persistencia y funciones de las leguminosas; los mismos deberán tenerse muy en cuenta cuando se utilicen como componentes del sistema suelo-pasto-animal.

Cuadro 11. Situaciones que limitan el establecimiento, persistencia y fijación simbiótica de nitrógeno por las leguminosas forrajeras tropicales.

SITUACION	RESULTADOS
Alta concentración de nitritos en el suelo.	Baja germinación de la semilla
Falta de escarificación de las semillas de algunas especies (<u>Centrosema</u> , <u>Leucaena</u> , etc.)	
Contacto de la semilla inoculada con fertilizantes ácidos, (superfosfato, por ejemplo)	Destrucción del Rhizobium
Presencia de fungicidas en el suelo.	
Inadecuado manejo del inoculo (Temperatura, luz, tiempo de inoculación-siembra)	
Baja humedad en el suelo	
Ausencia de ciertos elementos en el suelo (Ca, P, MO, Bo, S. Co)	Disminución de la eficiencia de la fijación simbiótica de N. a) Reducción en la formación de nódulos. b) Pobre fijación de N. c) Lento crecimiento y baja producción de la planta.
Hábitos de crecimiento de las leguminosas.	Reducción del consumo voluntario
Baja aceptabilidad de algunas especies.	
Sistemas de pastoreo mal utilizados en el manejo de las gramíneas (Períodos de uso y de recuperación)	
Alta incidencia de insectos	Pérdida de la similla y reducción en la población de leguminosas.

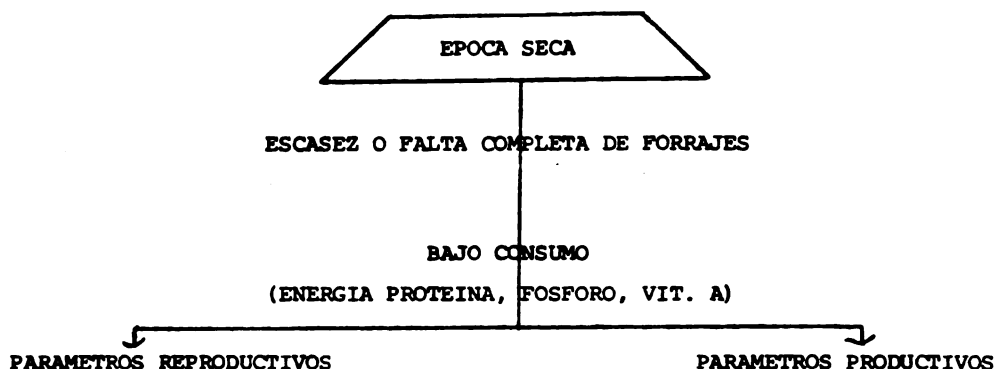
ALTERNATIVAS NUTRICIONALES PARA LA EPOCA SECA

Angel M. Iturbide C., M.Sc.

INTRODUCCION

El crecimiento y disponibilidad de pastos está relacionado a la estacionalidad de las lluvias. En términos generales, durante los meses de lluvia suele existir un exceso de pasto; situación opuesta ocurre durante los meses críticos de sequía, donde la falta de humedad incide en el crecimiento del forraje y en su reducida disponibilidad para el animal. Esta época seca es común año tras año en varias zonas de la región tropical y trae consigo serias consecuencias durante y después de la misma a la ganadería bovina, Fig. 1.

En cualquier tipo de explotación de carne, doble propósito o lechería especializada se debe contar con un programa de alimentación que contemple diferentes alternativas o métodos, especialmente para hacerle frente a la escasez de pasto durante la época seca. Debe tenerse presente que el rumiante es un animal que puede utilizar eficientemente el pasto y sus productos agrícolas con cierto valor nutricional; para lo que se debe contar con un programa que esté dirigido al mejor aprovechamiento de los recursos alimenticios de la zona que, en condiciones tropicales, significa el eficiente aprovechamiento de los pastos, otros forrajes y de los sub productos agro-industriales de la zona.



Efecto Inmediato

Falta de celos y/o ovulación

Bajo porcentaje de preñez

Incremento de pérdidas embrionarias

Bajo porcentaje de natalidad

Se alarga el período de servicio

Reducción en la producción láctea

Pérdidas de peso

Alta mortalidad

Efecto Mediato

Se extiende el intervalo entre partos

Se reduce la vida productiva de la hembra

Debilidad

Baja producción de carne o de leche/ha

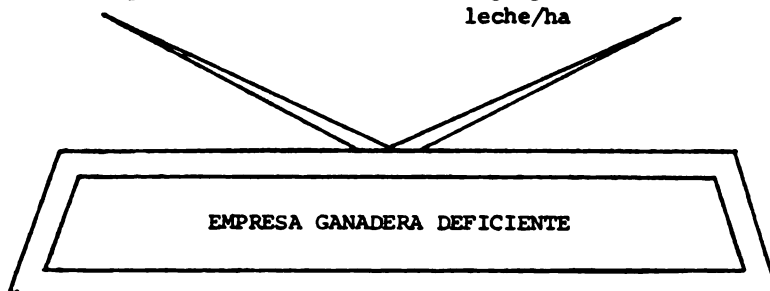


Fig. 1. Representación esquemática del efecto de la época seca sobre los parámetros reproductivos y productivos del ganado bovino.

ALTERNATIVAS NUTRICIONALES

Las alternativas que un ganadero puede utilizar para prepararse y enfrentar el período seco son varios; Sin embargo, la utilización de cualquiera de ellas, solas o combinadas, dependerá de la magnitud del período seco, de la extensión, tipo y número de animales en la empresa, de la ubicación y accesibilidad de la explotación y del costo y disponibilidad en la zona de los insumos y recursos que se utilizan para alimentar el ganado.

Acondicionamiento y manejo de potreros para ser utilizados durante los meses del período seco

Esta alternativa está encaminada a lograr una mejor persistencia y producción de los potreros. Su utilización hace necesario el uso de algunas prácticas en el manejo de pastos, especialmente en:

- Subdivisión de potreros
- Control de malezas
- Estimulación y propagación de las leguminosas forrajeras existentes
- Fertilización con nitrógeno en los finales de la época lluviosa, con dosis aproximadas de 20-30 kg por hectárea de nitrógeno. En esta forma se aprovecha el efecto residual de este elemento sobre el crecimiento del pasto en las primeras semanas del período seco.
- Aplicación de períodos adecuados de uso y descanso según el pasto usado.

Esta alternativa asume el descanso de algunos potreros por lo menos un mes antes de iniciarse el período seco.

Establecimiento de forrajeras de pastoreo directo bajo sistemas de riego
o en áreas húmedas

Cualquier pasto común de las regiones tropicales; Estrella, Guinea o Jaraguá, puede trabajarse en este sistema; Se excluye el pasto Alemán, ya que éste se desarrolla en áreas húmedas durante todo el año. Las aplicaciones de nitrógeno en dosis de mantenimiento, 20 kg de nitrógeno, después de cada pastoreo, mejora en forma ventajosa la producción y recuperación de estos pastos.

Las especies de Alicia (Honduras), Estrella y Jaragua presentan 55% de TND y su rendimiento en época seca es de 20 a 30 Ton/Ha en dos o tres potreros y depende del tipo y calidad de agua disponible así como de la fertilidad natural del suelo.

Establecimiento de pastos de corte en áreas húmedas o con riego

Entre las especies más utilizadas para este fin se destacan el Merker o Napier y el sorgo forrajero. Su rendimiento es del orden de 25 a 30 TM/Ha por corte en época seca, cada 45-60 días, dependiendo de su crecimiento con un contenido de NDT de 55%.

Con estas gramíneas y en forma intercalada puede utilizarse una leguminosa que enrede, caso del Frijol Terciopelo o Kudzú, por ejemplo. Aunque la incorporación de una leguminosa no mejora, en forma apreciable, los rendimientos de material, incrementa significativamente su calidad (contenido de proteína cruda).

La dosis de fertilizante nitrogenado recomendado en la alternativa anterior, puede aplicarse en este caso cuando solo se usan gramíneas.

Ensilaje

El ensilaje es un proceso mediante el cual el forraje se almacena anaerobicamente en estado verde, sin ningún cambio en su condición y en su valor nutritivo. Cualquier especie forrajera puede ensilarse; sin embargo se deben usar las de mayores rendimientos. No debe utilizarse aquellos pastos de tallos huecos como el Pará, ya que el aire que conservan, aún en sus tallos picados, arruina por completo la calidad del ensilado.

Dependiendo de otra fuente de alimentación, un animal adulto puede consumir de 15 a 20 kg por día en condiciones normales.

Debe tenerse presente que el tamaño o capacidad de cualquier tipo de silo se calcula en base al número de animales a suplementar, al consumo diario del ensilado y al número de días a utilizar el material. Debe considerarse además los cuatro factores importantes que determinarán la calidad y el valor nutricional del ensilado: grado de humedad, etapa fisiológica de la planta al momento de ensilarse, la compactación y el contenido de azúcares del material.

Henificación

A diferencia de los pastos verdes y del ensilaje, el heno constituye un material con reducida cantidad de agua; prácticamente seco, con 12-18% de humedad. Por esta razón, el consumo del mismo por el animal es alrededor de 1.5 a 3.0 kg por cada 100 kg de peso vivo.

Entre los pastos que pueden henificarse con mayor facilidad, sobresalen el Pangola, Estrella y Jaraguá con un contenido de TND de 50 a 55% y con un rendimiento de Heno Corte/Ha de 2 a 5 Toneladas dependiendo de factores de la fertilidad natural del suelo y manejo de especie.

Otros pastos, como el Guinea y el Napier o Merker, debido al grosor de sus tallos y su contenido de agua pueden necesitar tres, cuatro o más días para deshidratación lo que ocasiona una considerable pérdida de nutrientes.

En la henificación, al igual que en el ensilaje, siempre ocurre un porcentaje de pérdidas que se consideran normales, aún cuando ambos procesos se realicen en la mejor forma; estas pérdidas varían entre un 10 a un 15 por ciento del material inicial procesado. Por esta razón, es necesario considerarlo en el cálculo de capacidad de material a necesitarse para cubrir las necesidades de los animales durante el período seco.

Establecimiento de áreas con caña de azúcar para su uso como planta entera picada

La característica principal de la caña radica en su potencial de rendimiento de forraje y de energía; ningún otro cultivo se aproxima a su capacidad para producir 100 toneladas de forraje por hectárea en un solo corte y hasta 20 toneladas de nutrientes totales digeribles (NTD).

La caña de azúcar (cogollo, hojas y tallo) contiene un 50 % de NTD con un Rend. M.V. de 60 a 140 Ton/Ha.

La aplicación de esta alternativa contempla la disponibilidad de una

área con cierta humedad para el establecimiento inicial de la caña.

El potencial de ella para aprovechar la energía solar; cualidad específica sobre cualquier cultivo de zonas templadas y sobre los pastos tropicales, la proveen de ciertos medios para convertir la energía solar en una alta cantidad de azúcares; compuestos nutricionales requeridos por el animal y uno de los más limitantes en condiciones tropicales, especialmente durante la época seca.

Aprovechamiento de subproductos agroindustriales

El ganado por las características que posee, además de los pastos, puede aprovechar en forma muy eficiente y económica muchos de los subproductos agroindustriales y de origen animal. Estos subproductos, a excepción de algunos de origen animal y las tortas o harinas de leguminosas y oleaginosas (subproductos de la extracción de aceite), son fuente de proteína, el resto le brinda al animal volumen y energía.

En el Cuadro 1 se presentan algunos subproductos, comunes en diferentes localidades del área tropical. Para fines comparativos se incluye su contenido de proteína y de energía, así como la cantidad recomendada a ofrecerse al animal diariamente; se ha tomado como base de consumo a un animal de 350 kg de peso. La cantidad de suplemento que debe proveerse al animal depende, en gran parte, de la disponibilidad de pasto en el potrero. La cantidad de un suplemento, subproducto, de diferente origen, a ofrecerse a un animal depende de: su valor nutricional, su costo, composición química, del nivel nutricional del animal en el potrero y del nivel de producción o estado fisiológico de él.

Cuadro 1. Contenido proteico, energético y cantidades recomendadas del uso de alimentos y subproductos agroindustriales para los bovinos.

Subproducto; alimento	Proteína cruda %	NDT	Cantidades a ofrecerse Kg/día/animal
Rastrojo de maíz	2	45	5-10
Rastrojo de sorgo	3	45	5-10
Paja de arroz	5	34	5-10
Semolina de arroz	12	60	1-2
Gluten de maíz	20	70	1-2
Bagazo de caña	1	-	5-10
Cascarilla de algodón	4	45	5-10
Paja frijol	5	45	5-10
Planta de maní verde	14	34	10-20
Planta de frijol verde	14	34	10-20
Planta de gandul, verde	14	34	10-20
Planta de banano, o plátano tallos y hoja	0.5	10	10-20
Planta de camote verde	15	45	5-10
Planta de yuca, verde	16	45	5-10
Melaza	2	55	1-3
Afecho de arroz	10	34	5-10
Fruta de plátano, o banano	0.3	34	3-5
Pulpa de café, verde	4	15	5-10
Pulpa de café, seca	10	45	3-5
Gallinaza	26	-	1-2
Harina o tortas (coco, maní soya, algodón)	25-45	50-65	0.3-0.8
Urea	260	-	0.1-0.2

NDT= Nutrimientos digeribles totales; forma común de expresar la capacidad nutricional de un alimento.

La planta de yuca, por su contenido de ácido cianhídrico en el follaje y las raíces, puede ser tóxica para el rumiante, cuando son consumidos en grandes cantidades y bajo ciertas condiciones; no obstante, el uso y adaptación de este cultivo a la ecología subtropical y tropical, sus altas producciones por unidad de superficie, tanto de follaje (60 Ton/Ha/Año) como de

raíces (15 Ton/Ha/Año) y el alto contenido de proteína de su follaje hacen de ella un alimento con valor nutricional para la alimentación del ganado, especialmente durante la época seca.

Las experiencias logradas con tallos y hojas de yuca, con excreta y cama de aves y ganado, melaza y ácido fosfórico, en forma de ensilado, como única y exclusiva fuente de alimentación en bovinos, desde los 120 kg de peso vivo hasta pesos de sacrificio, con ganancias diarias de peso de 0.75 a 1.2 kg y conversiones alimenticias de 1:7.5, señala una aproximación para el uso de las porciones no comestible de la planta de yuca por el humano.

La melaza, nutricionalmente tiene una mejor utilización por el rumiante cuando se ofrece en cantidades reducidas y cuando se combina con forrajes toscos y urea. La pulpa de café, por la presencia de cafeína solo se recomienda en un 30% de la ración total. La gallinaza por la presencia de compuestos nitrogenados no proteícos y por su reducida aceptación por el ganado, conviene ofrecerla en proporciones menores a un 30% de la ración total.

Bancos de proteína para corte o pastoreo

Los bancos de proteína consisten en el establecimiento de leguminosas forrajeras en áreas relativamente pequeñas, dentro de la explotación ganadera, donde no solamente proporcionan alimento de alta calidad durante la época seca, sino además, mejoran significativamente el nivel nutricional del animal durante la época de lluvias reduciendo apreciablemente, en ambos casos, los costos por insumos alimenticios para cubrir las deficiencias de proteína; tales como harinas ó tortas, principalmente.

Esta práctica de reciente incorporación en las ganaderías tropicales, toma ventaja de las grandes bondades de las leguminosas, muchas de las cuales se encuentran creciendo en forma natural en las áreas tropicales. Estas bondades consisten en:

- Habilidad para fijar al suelo el nitrógeno atmosférico; en promedio alrededor de unos 200 kg de N por hectárea año, contribuyendo de esta manera con nitrógeno disponible a las gramíneas existentes en el potrero.
- Proveen una mejor dieta al animal por tener un valor nutricional superior, por mantener una alta concentración de nitrógeno en relación a las gramíneas forrajeras, especialmente en la etapa de madurez.
- No experimentan la rápida disminución de la concentración de proteína y otros nutrientes, ni la baja tan marcada en crecimiento y producción; característica de las gramíneas durante las épocas difíciles de baja disponibilidad de humedad en el suelo.
- A través de su extenso sistema radicular, contribuyen a mejorar la estructura, aireación del suelo y la infiltración de agua. Además, ponen disponibles a la gramínea nutrientes y agua que extraen de bajos niveles del suelo, donde las raíces de las gramíneas no llegan.

Entre las leguminosas forrajeras más promisoras para el establecimiento de estos bancos de proteína, se destacan por su comportamiento y producción en condiciones semiáridas cálidas de Centro América y el Caribe, la Leucaena leucocephala y el Gandul Cajanus cajan. El Gandul se comporta como planta anual o bianual y raras veces perenne. Ambas sobreviven en climas difíciles

y en suelos pobres, aunque responden favorablemente a cualquier mejora en la fertilidad de los mismos, especialmente en el caso del Gandul.

Mientras que el Gandul, por su tallo quebradizo no debe ser pastoreado, la leucaena puede ser manejado como leguminosa de corte y pastoreo; al igual que algunas leguminosas arbustivas, como las Acacias, comunes en el Valle de Olanchito, en Honduras; la Leucaena, originaria de algunos países centroamericanos y de México, constituye la única fuente de alimentación del ganado en muchas de las zonas semisecas de estas regiones, constituyendo una de los mejores recursos forrajeros para hacerle frente a la baja disponibilidad alimenticia durante los meses de sequía.

Cuadro 2. Producciones de materia verde, materia seca y proteína cruda y su relación con la suplementación de ganado, de la leucaena y Gandul. El Salvador, 1978 y 1979.

Prácticas agronómicas, producciones y otras características	Leucaena	Gandul
Densidad de siembra, plantas/ha	100-180,000	220,000
Edad al primer corte, días	90	90
Intervalo entre cortes, días	50	66
Número de cortes	6,5	5,0
Producción por año:		
Materia verde, kg	65,000	89,500
Materia seca, kg	19,500	22,125
Proteína cruda, kg	4,680	4,700
Producción por corte:		
Materia verde, kg	10,000	17,900
Materia seca, kg	3,000	5,025
Proteína cruda, kg	720	940
Contenido de proteína cruda, %	24.0	18.7
Número de animales trabajados, ² UA/ha	15.0	17.0
Area cortada por día/animal, m ²	13.0	15.5
Consumo de materia seca/día/animal, kg ^{1/}	3.4	4.3
Consumo de proteína cruda/día/animal, g ^{2/}	816	804

^{1/} 3.4 y 4.3 kg de materia seca, corresponden al 47 y 60 por ciento de las necesidades diarias de la misma por una vaca de 363 kg de peso vivo.

^{2/} 800 gramos de proteína cruda equivalen al 80 por ciento de los requerimientos diarios de una vaca, típica de la zona tropical y produciendo alrededor de 6 litros de leche por día.

En el Cuadro 2 se presentan algunas experiencias con el uso de estas dos leguminosas en El Salvador. Es de hacer notar que la proteína de ambas especies, es de alta calidad y se compara favorablemente a aquella de la alfalfa y a la de la harina de coquito.

CONSIDERACIONES PRACTICAS DURANTE LA EPOCA SECA

Una empresa ganadera debe prepararse con suficiente anticipación para hacerle frente a la escasez de forraje para que no experimente el impacto de la época seca.

El establecimiento de un calendario de actividades y la aplicación de las prácticas siguientes puede evitar los problemas de la época seca:

a) Prácticas a realizarse durante los meses de lluvias para favorecer el nivel nutricional del ganado durante el período seco

- Manejo eficiente de potreros.
- Establecimiento de especies de corte: Napier, sorgo, etc.
- Compra de urea y sales minerales.
- Siembra de caña; especies leguminosas; yuca.
- Evaluación y análisis de sistemas de riego de aplicabilidad en la empresa.
- Adquisición de equipo y maquinaria (picadora, comederos).
- Diseño y construcción de infraestructura (silos, bodega, depósito de melaza).
- Evaluación en la localidad de las fuentes potenciales de subproductos agrícolas e industriales y comprometer las cantidades necesarias.

b) Prácticas en el manejo del ganado

- Eliminar aquellos animales problemas (enfermos crónicos, infértiles, viejos) y los poco o no productivos (baja producción de leche, pobres aumentos de peso, baja habilidad materna), antes de iniciarse la época seca.
- Aplicar una época estacional de empadre, que se ajuste a la fluctuación natural del crecimiento y disponibilidad de forraje durante el año, para hacer coincidir los períodos críticos fisiológicos del animal con las etapas de mayor abundancia de pastos.
- Formar categorías o grupos por edad, sexo, etapa y estado fisiológico, dentro del mismo hato, para seleccionar, facilitar y dar prioridad a los animales que deben ser suplementados.
- Secar las vacas a la entrada del período difícil, especialmente aquellas que están finalizando su lactancia.
- Desparasitar todo el hato a finales del período de las lluvias.
- Aplicar vitamina ADE, por lo menos dos meses después de iniciada la época lluviosa; repetir la dosis por lo menos una vez cuando el período de sequía sea muy extenso.
- Ofrecer al ganado todo el tiempo, una mezcla mineral a discreción, que por lo menos contenga un 8 por ciento de fósforo en la mezcla total.

ENSILAJES DE FORRAJES TROPICALES

Danilo Pezo, Mag. Sc.

INTRODUCCION

La producción de forrajes en el trópico y subtrópico está determinada básicamente por los factores precipitación pluvial y temperatura. Dado que hay épocas del año en que se presenta reducción o ausencia total de lluvias y baja significativa en la temperatura mínima, consecuentemente la producción de forraje se ve mermada marcadamente o incluso detenida.

En el caso de los períodos secos, no sólo se presenta una reducción o anulación en la tasa de crecimiento, sino también una disminución en la calidad nutritiva del mismo, como consecuencia de la traslocación de nutrientes hacia los órganos de reserva de la planta. Lógicamente, estos fenómenos tienen implicancias serias sobre la producción animal, ya que ella en buena medida es dependiente del uso de forraje como alimento. La reducción en disponibilidad y calidad de forrajes durante el período seco, se traduce en mermas en la producción de leche de hasta un 50 por ciento, en efectos negativos sobre el peso corporal de los animales y en el comportamiento reproductivo subsecuente de los mismos. En casos extremos llega a comprometerse la sobrevivencia de los animales.

La existencia de estos problemas han llevado a la búsqueda de alternativas para el período seco. Entre estas se incluyen:

- a) Reducción en la carga animal impuesta a la pastura, mediante la venta o traslado de animales a otras áreas.
- b) Uso de subproductos agrícolas.
- c) Reserva de pasturas para uso diferido (incluye forrajes de corte y caña de azúcar).
- d) Irrigación.
- e) Conservación de forrajes: heno y ensilaje.
- f) Combinación de dos o más de las alternativas enumeradas anteriormente.

A continuación, se analizará con más detalle la conservación de forrajes como ensilajes, haciendo énfasis a las experiencias con forrajes tropicales.

EL PROCESO DE ENSILADO

El ensilado es un proceso de conservación de forrajes mediante fermentación anaerobia (ausencia de oxígeno), tratando de minimizar las pérdidas de los nutrientes contenidos en el material original. En el proceso de ensilado, se reconoce la existencia de tres fases, a saber: respiración, fermentación y estabilización.

Fase de respiración

Parece ilógico señalar que en el proceso de ensilado exista una fase de respiración, cuando previamente se ha definido el ensilado como un proceso

fermentativo anaerobio; sin embargo, por más que a través del prensado ejercido sobre el material ensilado se trate de eliminar el aire, siempre queda un remanente de oxígeno en la masa ensilada el cual, conjuntamente con los carbohidratos solubles propios del forraje, permiten un proceso inicial de respiración. En esta fase se produce una elevación de temperatura, la cual disminuye una vez que se haya consumido el oxígeno presente en el silo.

La rapidez y eficacia de consumo de oxígeno en el silo, o lo que es lo mismo, la duración de la fase de respiración es dependiente de:

- a) Estado de madurez: a medida madura la planta se dificulta la extracción del oxígeno presente entre partículas de forraje.
- b) Contenido de humedad: a menor contenido de humedad se dificulta la eliminación de oxígeno por compactación.
- c) Procesamiento del forraje: forraje picado es más fácil de apisonar que forraje entero.
- d) Método de extracción de oxígeno: la extracción de oxígeno con bombas de vacío es más eficaz que la lograda por compactación o apisonamiento.
- e) Tipo de silo: silos aéreos o subterráneos, con posibilidad de ser compactados, son más eficaces en la eliminación de oxígeno que silos tipo parva.

Fase de fermentación

Una vez concluida la fase de respiración, por agotamiento o reducción marcada del oxígeno presente en la masa ensilada, se da inicio a la fase fermentativa; la cual es ejecutada por acción de bacterias anaerobias. En el proceso de ensilado se reconoce que pueden producirse tres tipos de fermentación: láctica, acética y butírica. La importancia relativa de cada una de ellas va a depender de los microorganismos predominantes, el tipo de sustrato y otros factores propios del proceso.

La fermentación láctica es la más deseable y es producida por acción de bacterias de los géneros *Lactobacillus* y *Streptococcus*. Estos microorganismos desarrollan entre los 15 y 50°C y con un pH que oscila entre 3.0 y 4.0. La fermentación acética es producida por bacterias coliformes, las que desarrollan entre 25 y 35°C y con pH variable entre 4.5 y 5.5. La fermentación butírica es indeseable en el proceso de ensilaje, es provocada por clostridios, los cuales ejercen acción sobre el ácido láctico y las proteínas del forraje ensilado. Temperaturas de 32 a 40°C y pH entre 4.0 y 5.0 favorecen el desarrollo de microorganismos formadores de ácido butírico.

Fase de estabilización

Las condiciones de alta acidez que se producen durante la fase de fermentación provocan luego una inhibición de la actividad fermentativa, dando lugar a la llamada fase de estabilización. Es difícil establecer el nivel de pH necesario para la estabilización del proceso de ensilado, pues se ha visto que esto va a depender del contenido de humedad de la masa ensilada; en este sentido, a mayor contenido de humedad del ensilaje, será necesaria una mayor

acidez (menor pH) para lograr la estabilización.

ESTANDARES DE CALIDAD DE ENSILAJE

Al describir el proceso de ensilado se señaló que el objetivo de éste es preservar el forraje con una pérdida mínima de nutrientes. Para ello, es necesario reducir la fase de respiración hasta un nivel mínimo y lograr prontamente la fase de estabilización. Tanto la respiración como la fermentación provocan pérdida de nutrientes, en el primer caso como consecuencia de la transformación de carbohidratos solubles en energía calorífica y en el segundo, por la transformación de los mismos carbohidratos en ácidos orgánicos, con la consiguiente pérdida energética. Además, durante la fermentación, parte de la proteína del forraje se desdobla a formas de nitrógeno no proteico, principalmente nitrógeno amoniacal, las cuales definitivamente son utilizadas por el animal con menor eficacia que la proteína verdadera.

Con base en las experiencias de ensilado de forrajes de zona templada, se han establecido como estándares de calidad de ensilajes: a) pH menor a 4.2; b) concentración de ácido butírico menor a 0.3 por ciento; c) concentración de ácido láctico de 3 a 13 por ciento; d) concentración de ácido acético menor a uno por ciento y e) concentración de nitrógeno amoniacal menor al 11 por ciento del nitrógeno total.

La experiencia con forrajes tropicales demuestra que si bien pueden cumplirse los requerimientos de calidad referentes a ácido butírico y nitrógeno amoniacal; en cambio, difícilmente se logran los niveles propuestos de ácido láctico y acético. En este sentido, experiencias en Costa Rica y Cuba

muestran que si bien en el proceso de ensilado de forrajes tropicales se presenta en una primera etapa fermentación de tipo láctico, al cabo de una semana pasa a dominar la fermentación de tipo acético. Esto implica que al momento en que se utilizan los ensilajes, normalmente los niveles de ácido acético superen ampliamente a los de ácido láctico.

En cuanto al pH, anteriormente se discutió la relación existente entre éste y el contenido de humedad de la masa ensilada, como determinantes de la estabilización del ensilaje.

CALIDAD NUTRITIVA DE ENSILAJES DE FORRAJES TROPICALES

Si se parte del principio que el ensilado de forrajes no mejora la calidad nutritiva de los mismos, sino que por el contrario debe aceptarse que hay una pérdida de nutrientes en el proceso, entonces la calidad nutritiva del ensilaje es menor que la del material original. Por otro lado, si se reconoce que a estados fisiológicos equivalentes, la calidad nutritiva de pastos tropicales es menor que la de forrajes de zona templada; entonces, es lógico esperar que la calidad nutritiva de ensilajes de forrajes tropicales sea baja.

Digestibilidad

La digestibilidad de materia seca en forrajes tropicales frescos, a menudo, es menor al 60 por ciento. Cuando estos se ensilan la digestibilidad se reduce hasta niveles de 45 a 50 por ciento, como consecuencia de la disminución en el contenido de carbohidratos solubles y otras fracciones presentes en el contenido celular, los cuales son casi completamente digeribles a nivel ruminal.

Consumo

El consumo de ensilajes es menor que el del mismo forraje en fresco. En algunos casos, la reducción en el nivel de consumo debido al ensilado puede ser hasta de un 30 por ciento. Por otro lado, ensilajes de forrajes tropicales muestran menores consumos que los de forrajes de zona templada (1.2 a 1.9 vs. 1.8 a 2.2 kg MS/100 kg de peso vivo, respectivamente). El menor consumo de ensilajes puede ser atribuido a la acidez (bajo pH) del mismo o a la concentración de ácidos individuales.

Se ha comprobado que la acidificación de ensilajes, llevando el pH de 5.4 a 3.8, provoca una reducción en el consumo de hasta 22 por ciento. Se ha demostrado también, que el efecto negativo de la acidez sobre el consumo es mayor en el caso de ovejas que de bovinos, y que es mayor en animales jóvenes que en adultos.

De los ácidos orgánicos presentes en el ensilaje, el ácido acético parece ser el único que ejerce un efecto negativo sobre el consumo de ensilajes. El ácido láctico, por el contrario, parece tener un efecto positivo sobre el consumo, aunque no ha sido posible probar que exista una relación causa-efecto entre ambos parámetros. El ácido butírico no ejerce un efecto significativo sobre el consumo; ahora bien, la razón de ser un ácido no deseable en los ensilajes, no es por su efecto sobre el consumo, sino en razón de que ejerce efectos negativos sobre las características organolépticas de la leche y sobre la maduración de quesos.

USO DE ENSILAJES DE FORRAJES TROPICALES EN LA ALIMENTACION ANIMAL

Si bien en la literatura se encuentran algunos datos sobre el uso de ensilajes de forrajes tropicales en la alimentación animal, no es muy amplia la experiencia sobre el uso de estos ensilajes a nivel comercial. Por esta razón, se presentarán mayormente datos sobre la respuesta animal, en términos de producción de carne y de leche, obtenida bajo condiciones experimentales.

Ganado de carne

En términos generales, la respuesta en producción de carne (ganancia de peso) al uso de ensilajes de forrajes tropicales ha sido pobre. Así por ejemplo, experiencias de Australia demostraron que cuando se permitió a animales pastorear potreros de una gramínea (Paspalum dilatatum) reservados para uso diferido en épocas de escasez de forraje, los animales perdieron 380 g de peso/día; en cambio, cuando los animales consumieron además ensilaje del mismo pasto, las pérdidas de peso fueron apenas 150 g/día. La pobre respuesta animal a la suplementación con ensilaje observada en este estudio no puede atribuirse a fallas en el proceso de ensilado, sino más bien a la baja calidad nutritiva del ensilaje.

Por otro lado, experiencias en México mostraron que bovinos alimentados con caña de azúcar fresca y ensilada, a los que se suplementó con miel, urea y minerales, ganaron 36 y 10 g de peso/día, respectivamente. Cuando las mismas dietas se suplementaron adicionalmente con 500 g de pulidura de arroz, las ganancias de peso fueron de 381 g y 327 g/día, para caña fresca y ensilada, respectivamente.

En otro estudio realizado en las Islas Mauricio, utilizando punta de caña como alimento base y un suplemento constituido por torta de coco, harina de pescado, afrecho de trigo, sal y fosfato dicálcico, se obtuvieron ganancias de peso de 671 y 751 g/día, cuando la punta de caña se ofreció ensilada y fresca, respectivamente.

De los diversos datos presentados en la literatura, respecto al uso de ensilajes de forrajes tropicales en la alimentación de ganado de carne, se puede concluir:

- a) La menor calidad nutritiva del ensilaje, respecto al material original en fresco, determina una menor ganancia de peso en animales que consumen ensilajes.
- b) La alimentación con ensilajes de forrajes tropicales permite reducir las pérdidas de peso en períodos críticos y, en el mejor de los casos, mantener el peso de los animales.
- c) Si mediante el uso de suplementos se superan las limitantes energéticas y de consumo propias de los ensilajes de forrajes tropicales, es posible obtener ganancias de peso moderadas. Las ganancias de peso son mayores, en la medida el ensilaje represente una proporción menor de la dieta del animal.
- d) Ensilajes de forrajes tropicales de mejor calidad nutritiva (como es el caso de la punta de caña), permiten una mayor ganancia de peso que los elaborados a partir de forrajes de menor calidad nutritiva.

Ganado lechero

De manera general, la producción de leche en vacas alimentadas con ensilajes de forrajes tropicales es satisfactoria, siempre y cuando se utilicen niveles altos de suplementación con concentrados. Así por ejemplo, experiencias en Panamá mostraron que cuando se ofreció pasto elefante ensilado como único alimento, la producción de leche por vaca fue de 3.2 l/día. La suplementación con 1.5 y 2.5 kg/vaca/día de una mezcla de melaza, urea y harina de pescado, permitió la producción de 6.0 y 5.9 l/vaca/día, respectivamente.

En otro estudio realizado en Panamá, bajo las condiciones de fincas comerciales, se encontró que vacas de doble propósito alimentadas con ensilaje de pasto elefante y un suplemento mineral produjeron 3.2 l de leche vendible/vaca/día; en cambio, vacas de similares características pero que consumían pasto fresco picado, melaza, urea y pastoreaban en potreros de condición regular durante el período seco, produjeron 3.7 l de leche vendible/vaca/día. En el mismo estudio, pero con animales de raza lechera, manejados en un sistema de lechería especializada, la producción de leche en vacas alimentadas con ensilaje de pasto elefante fue de 10 l/vaca/día, mientras que con animales alimentados con ensilaje de maíz, concentrados y que pastoreaban potreros de buena calidad, la producción de leche fue de 13.6 l/vaca/día.

Por otro lado, en un estudio realizado en la zona subtropical de los Estados Unidos, utilizando ensilaje de pasto bermuda de la costa, los niveles de producción de leche logrados fueron de 19.6 y 21.3 kg/vaca/día, cuando el ensilaje aportó el 38 y 47 por ciento de los requerimientos energéticos, respectivamente.

De los resultados obtenidos en ensayos sobre el uso de ensilajes tropicales en la alimentación de vacas lecheras se puede concluir:

- a) El uso de ensilajes de forrajes tropicales con bajos niveles de suplementación o sin suplementación permite obtener niveles moderados a bajos de producción de leche. Cabe anotar sin embargo, que en estos ensayos no se presentan datos de cambio de peso de las vacas, y es probable que en alguna medida la producción de leche obtenida pueda ser en desmedro de las reservas corporales.
- b) Para obtener niveles altos de producción de leche con base en ensilajes de forrajes tropicales, se hace necesario el uso de niveles altos de concentrados.

CONSIDERACIONES ADICIONALES RESPECTO AL ENSILADO DE FORRAJES TROPICALES

Exclusión de oxígeno

La extracción de aire del silo varía en función de la naturaleza del material ensilado y su procesamiento, el método de exclusión de aire empleado y el tipo de silo. La experiencia con forrajes de zona templada ha demostrado que es fácil conseguir un buen apisonamiento (exclusión de aire) con forrajes no oreados o frescos; en cambio con forrajes tropicales, incluso frescos, han existido dificultades de apisonamiento. Ello puede ser explicado en parte por el mayor contenido de fracciones fibrosas que muestran los forrajes tropicales.

Estos factores en conjunto determinan que normalmente la densidad de los ensilajes de forrajes tropicales sea menor que la de forrajes de zona templada.

Para los primeros se citan cifras de 480 a 610 kg/m³, mientras que para los segundos las densidades varían de 520 a 920 kg/m³. Los rangos de densidad anteriormente mostrados son sólo una referencia, pues en buena medida factores como el estado de madurez, picado, presión ejercida sobre el material ensilado y tipo de silo determinarán la exclusión de aire.

Oreo o pre-marchitamiento del forraje a ser ensilado

La reducción de humedad del forraje que se va a ensilar mediante el oreo o pre-marchitamiento, permite:

- a) Reducir el volumen de forraje a ser ensilado.
- b) Disminuir las pérdidas de nutrientes en los efluentes.
- c) Producir ensilajes con pH más alto y mayor concentración de azúcares.
- d) Inhibir la acción de los clostridios al existir una menor actividad hídrica en la masa ensilada.

El oreo tiene como desventajas:

- a) Se requieren más operaciones de campo.
- b) Es dependiente de las condiciones climáticas.
- c) El silo debe ser llenado con mayor rapidez.
- d) Hay mayor dificultad en la exclusión de aire del silo, con los consiguientes problemas de desarrollo hongos y mohos.

Cuando se han considerado conjuntamente las ventajas y desventajas del oreo, el balance ha sido a favor del oreo o pre-marchitamiento para el ensilado de forrajes tropicales.

Aditivos

Los aditivos pueden ser utilizados como inhibidores de la descomposición anaerobia en el silo; en tal sentido, actúan inhibiendo el crecimiento de bacterias o indirectamente estimulando la fermentación natural, la cual a la larga tiene también un efecto inhibitor del desarrollo bacterial.

Uno de los aditivos más frecuentemente utilizados ha sido la melaza, la cual ha sido empleada como fuente de carbohidratos fácilmente fermentables para estimular la producción de ácido láctico. Con forrajes de zona templada, la adición de melaza a niveles de 0,7 a 2 por ciento es suficiente para promover el desarrollo de niveles adecuados de ácido láctico. En cambio, en forrajes tropicales se hace necesario añadir niveles de melaza de un 6 a 8 por ciento. Este mayor requerimiento de melaza es debido a la necesidad de compensar el bajo contenido de azúcares de los forrajes tropicales, además que aparentemente a altas temperaturas (situación normal en el área tropical) son mayores las pérdidas de carbohidratos por respiración y fermentación aerobia.

La adición de fuentes de almidón como granos y harinas tiene un efecto similar al de la melaza, además de que al reducir el contenido de humedad de la masa ensilada provocan una disminución en la salida de efluentes del silo.

La urea es otro aditivo que se ha utilizado en la preparación de

ensilajes, particularmente con forrajes de bajo contenido proteico. La urea ha demostrado tener un efecto benéfico sobre la calidad del ensilaje al prevenir la conversión de azúcares en alcohol y al aumentar la concentración de ácido láctico y nitrógeno en el ensilaje. Sin embargo, la urea resulta menos efectiva que el amoníaco, ya que la primera sufre una hidrólisis limitada en el proceso de ensilado. Debe señalarse además que la urea tiene un efecto alcalinizante, lo que se refleja en niveles de pH más altos en ensilajes que incluyen la urea como aditivo.

Otro aditivo que se ha probado en el proceso de ensilado es el metabisulfito de sodio, el cual tiene acción inhibitora sobre la fermentación butírica y proteolítica, con el consiguiente efecto benéfico en la reducción de pérdidas en el proceso. Si bien este efecto ha sido observado en forrajes de zona templada, en cambio en forrajes tropicales no ha funcionado.

PRODUCCION Y MANEJO DE PRADERAS EN EL TROPICO HUMEDO

Gustavo Cubillos, Ph.D.

INTRODUCCION

La producción y el uso de praderas en las zonas tropicales será siendo objeto de estudio para lograr una producción animal más eficiente. Por su característica de una gran abundancia de lluvia los trópicos húmedos han sido considerados como áreas de gran potencial para la producción agrícola y pecuaria en América Latina. Sin embargo, por el mismo factor se ha considerado también que el equilibrio ecológico puede ser frágil, dando origen a empobrecimiento de los suelos por un rápido uso de los nutrientes, lavado y lixiviación de los mismos y pérdida de la estructura del suelo.

El objetivo de este trabajo es el de examinar algunos de los factores que contribuyen a la producción de las praderas en zonas húmedas y la experiencia acumulada en algunas regiones en el logro de sistemas de producción estables y de implicancia económica.

Aspectos de la producción de las praderas

En la zona tropical el factor determinante en la producción de la biomasa vegetal está dado por la estacionalidad de la caída pluviométrica. Cubillos et al ha presentado algunos estimados en la variación de la tasa de crecimiento del forraje, tanto en las zonas del trópico húmedo como en el trópico monzónico. Se ha destacado que aunque en el trópico húmedo la distribución de la precipitación es relativamente alta a través del año, la tasa de

crecimiento no es uniforme debido a factores adicionales a la disponibilidad de humedad en el suelo. Estos son los cambios que ocurren en la cantidad total de radiación solar que está disponible para fotosíntesis, las variaciones en el largo del día que afectan en algunas especies el tipo de crecimiento, y variaciones en las temperaturas mínimas nocturnas.

En las zonas del trópico donde la precipitación es estacional, la tasa de crecimiento del forraje se ve afectada por la absoluta falta de humedad en una o más épocas del año. Esto a su vez determina que la disponibilidad de alimento para el ganado sea variable tanto en su cantidad como en su calidad a través del año. Por lo tanto, el establecimiento de sistemas de producción animal en estas zonas debe tomar en consideración las variaciones en la disponibilidad de alimento a través del año para el mantenimiento del tipo de producción animal que se proponga.

Otro componente importante de la producción animal en el trópico es la producción de biomasa. En el trópico hay diversas características que determinan el potencial productivo, así Cooper ha presentado cifras para diferentes condiciones tropicales; datos para otras áreas son variables y dependen del manejo, fertilidad del suelo y época del año. En Turrialba se han medido bajo diversas condiciones y especies la tasa de crecimiento en praderas y algunas cifras se presentan en el Cuadro 1. Se observa que existe una gran variación en tasa de crecimiento según sea el tipo de pradera y el manejo. Así en el caso de la pradera natural la tasa es baja y representa la adaptación de la vegetación a un medio ambiente desfavorable en términos de la fertilidad del suelo. Los valores bajos pueden aumentarse al efectuar cambios en aspectos de manejo, sin embargo, estos son poco significativos.

Cuadro 1. Tasa de crecimiento de la biomasa en praderas tropicales húmedas*

Tipo de pradera	kg MS/ha/día
Natural	19.2
Kudzú - Ruzi	53.7
Kudzú - Ruzi	24.7
Kudzú - Ruzi	42.6
Estrella, fertilizado	88.7
Estrella, fertilizado	103.6
Estrella, fertilizado	58.2

* (Varios autores)

Así cuando el período de descanso fue de 21 días, la tasa de decrecimiento fue de 19.2 kg MS/ha/día a 21.4 kg MS/ha/día a un descanso de 49 días.

Las especies mejoradas o de mayor potencial productivo muestran cambios diferentes en respuesta a los factores de manejo sobre su efecto en la tasa de crecimiento. Así Villalobos encontró una tasa promedio de 24.7 kg MS/ha/día en mezclas de Kudzú y Ruzi cuando se usaban períodos de descanso de pradera entre 42 y 63 días mientras que bajo pastoreo continuo o 21 días de descanso la tasa de crecimiento era de 53.7 kg MS/ha/día. Del mismo modo, trabajando con Pasto Estrella fertilizado encontró que la tasa de crecimiento variaba entre 88.7 y 103.6 kg MS/ha/día según el sistema de manejo.

Lo anterior muestra que dependiendo del tipo de pradera, y del manejo a que se la someta es factible afectar la tasa de crecimiento de la biomasa de la pradera y por ende la disponibilidad de alimento para el ganado.

Datos obtenidos en Perú por Toledo y Morales muestran que la tasa de crecimiento en suelos de la Amazonía alcanzan niveles similares a los encontrados en Centroamérica. En el Cuadro 2 se presentan algunas cifras que indican la diferencia entre especies y su posible potencial para la producción animal.

Cuadro 2. Tasa de crecimiento de la biomasa en praderas de la Amazonía del Perú*.

Tipo de pradera	kg MS/ha/día
<u>Hyparrhenia rufa</u> , sin fertilizar	11.8
<u>Brachiaria decumbens</u> , sin fertilizar	21.4
<u>Brachiaria decumbens</u> + 200 kg N	36.1
<u>Panicum maximum</u> , sin fertilizar	30.5
<u>Panicum maximum</u> + 150 kg N	59.6

* Adaptado de Toledo y Morales

Respuesta a la fertilización

El uso de insumos en la producción de praderas tropicales puede jugar un rol de gran importancia en el establecimiento de unidades productivas. Es preciso cuantificar su necesidad tanto desde el punto de vista productivo como económico.

De los nutrientes de mayor importancia en la producción de las praderas se destaca el Nitrógeno. Se han realizado una gran cantidad de experiencias que muestran que hay una respuesta lineal a aumentos paulatinos en la

aplicación de este elemento; así a diferencia de lo que ocurre en las zonas templadas, la respuesta de las praderas tropicales aún aumenta a dosis superiores a los 1000 kg N/Ha/año. Indudablemente que desde el punto de vista económico el límite es muy inferior, pero demuestra el potencial de las gramíneas tropicales para proveer alimento al ganado.

Algunos aspectos del manejo relacionados con la fertilización han sido estudiados en Turrialba. El principio a destacar es que en el manejo de las praderas no sólo el nivel de fertilización es importante sino otros aspectos relacionados al manejo propiamente tal. En la Figura 1 se presentan los resultados del efecto del manejo asociado a la fertilización con Nitrógeno en praderas de Pasto Estrella Africana. Se aprecia que la tasa de crecimiento responde a la aplicación de N en forma diferente según sea el método de uso que se emplea. Así altas dosis de Nitrógeno pierde su efecto cuando el período de descanso es demasiado largo, por el contrario se requieren altas dosis de Nitrógeno cuando el período de descanso es demasiado corto.

Efecto de algunos factores de manejo para la producción de las praderas

La producción de las praderas se ve afectada por efecto de varios factores que es conveniente conocer en su efecto sobre los parámetros productivos. Entre ellos la intensidad de la defoliación y la frecuencia de la misma ejercen su acción sobre la disponibilidad de forraje lo que a su vez afecta el consumo que los animales pueden hacer del alimento así como su calidad.

En condiciones experimentales bajo un control estricto de los diferentes factores que afectan la pradera es fácil estimar el efecto sobre la disponibilidad de alimento. Sin embargo, en condiciones de una operación a nivel

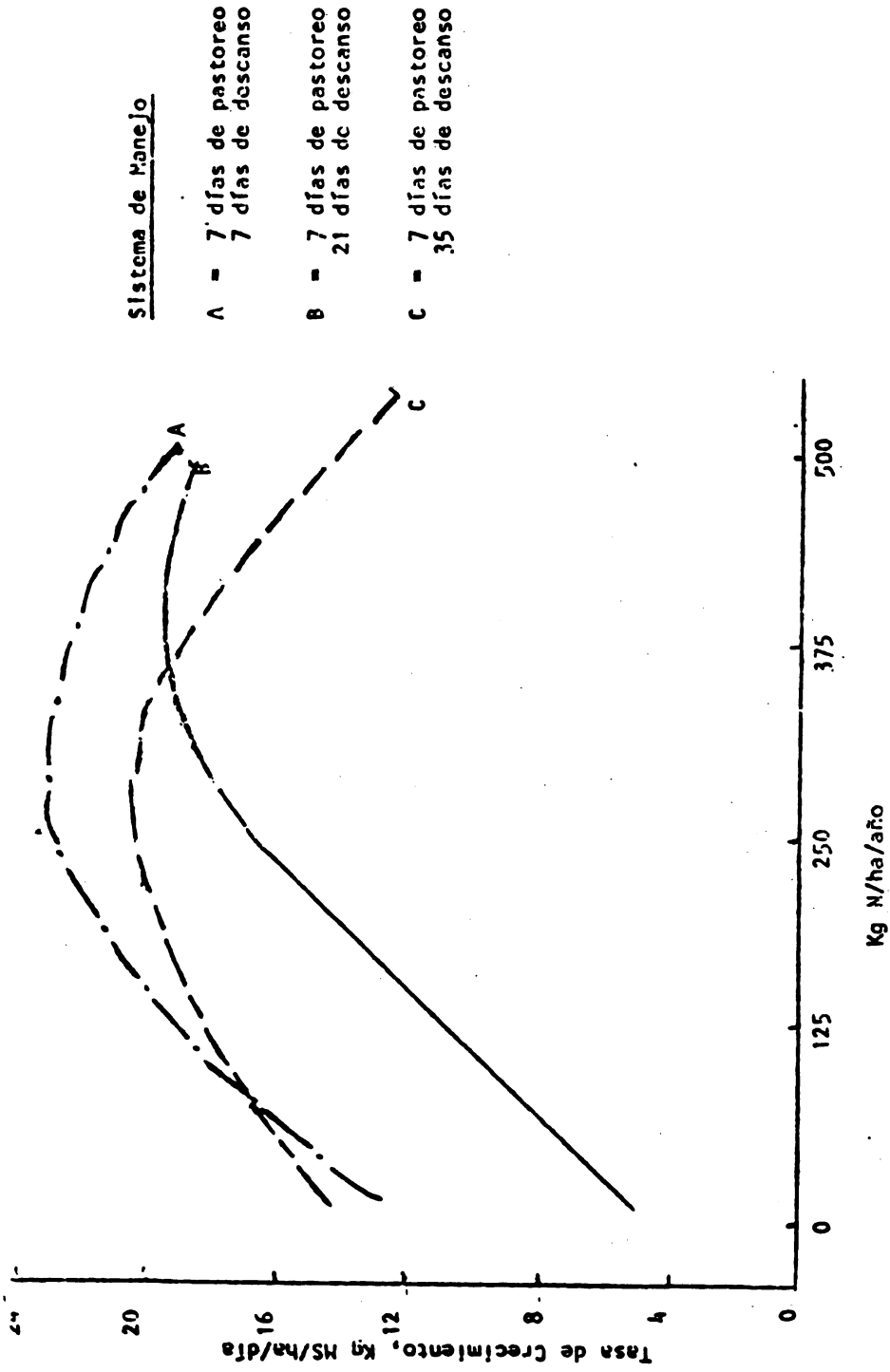


Figura 1. Efecto de la dosis de nitrógeno sobre la producción de praderas de Pasto Estrella bajo diferentes sistemas de manejo.

práctico donde no es factible hacer cambio de animales, el efecto del tiempo por su estacionalidad puede ser un factor importante.

En el Cuadro 3 se presentan los cambios en disponibilidad de forraje a través de 300 días del año en condiciones del trópico húmedo en Turrialba.

Cuadro 3. Cambios en la disponibilidad de forraje en praderas de Pasto Estrella. Turrialba, Costa Rica^{1/}.

Días	Disponibilidad de forraje ^{2/}		Tasa de crecimiento kg MS/ha/día
	kg MS/ha	kg MS/100 kg PV	
1 - 60	3028 b	5,6 b	59,4 a
61 - 120	3662 a	7,2 a	67,4 b
121 - 180	3212 a	6,8 a	57,2 a
181 - 240	2707 b	5,1 b	51,2 a
241 - 300	2506 b	4,9 b	55,9 a

^{1/} Adoptado de Rocha, W.

^{2/} Cifras con la misma letra en la columna no difieren significativamente ($P > 0.01$).

Se aprecia que el nivel de disponibilidad de forraje ofrecido es alto alcanzando cifras de 3662 kg MS/ha en el período de 61-120 días. A su vez debido a que la carga animal se mantiene relativamente constante, la disponibilidad de alimento por animal tiende a variar durante el año. Ello podría significar cambios en la calidad del forraje consumido o la posibilidad de una mayor selección. En el Cuadro 4 se presentan algunos datos observados en

praderas muy diferentes y manejadas también en forma muy diversa. Resalta que en general el punto más bajo es de algo sobre los 2000 kg de MS por hectárea; Esto puede ser importante, si lo observado en condiciones de clima templado, de que a disponibilidad menor de 1300-1500 kg MS/ha se produciría un efecto sobre la capacidad productiva de los animales que pastorean esa pradera. Desde ese punto de vista la disponibilidad que se puede obtener en el trópico estaría dentro de un marco aceptable.

Cuadro 4. Variaciones en la disponibilidad de forraje ofrecido en diversas praderas*.

Tipo de pradera	Materia seca ofrecida al pastoreo kg MS/ha	Uso
Pradera Natural	2200 - 4400	Novillos
Pradera Natural	2400 - 4300	Novillos
Kudzu-Ruzi	2700 - 4250	Novillos
Kudzu-Ruzi	2650 - 3700	Novillos
Estrella	2500 - 7000	Vacas lecheras
Estrella	2700 - 3700	Vacas lecheras

* Varios autores.

Carga animal y eficiencia de uso

La disponibilidad de forraje y su tasa de crecimiento determinan que existan variaciones en la carga animal de las praderas tropicales y por ello que la eficiencia de uso del forraje sea variable. Algunas observaciones obtenidas en la zona tropical muestra que dependiendo del sistema de manejo

pueden haber marcadas diferencias en la carga animal y en el uso del forraje. Dependiendo de la presión de pastoreo ejercida sobre la pradera, la carga animal ha sido variable, sin embargo, si se consideran distintos tipos de pradera a una presión de pastoreo óptima aún así se observan variaciones en la carga animal. Las praderas naturales y las asociaciones de leguminosas y gramíneas son capaces de soportar una carga menor que pradera de Pasto Estrella bajo un manejo intensivo (Cuadro 5).

Cuadro 5. Variación en carga animal en diferentes praderas.

Tipo de pradera	Carga animal U.A. de 300 kg ^{1/}	Uso de la pradera
Estrella	4.8 - 6.1	Vacas lecheras
Estrella	6.7 - 8.1	Vacas lecheras
Estrella	9.5 - 10.5	Novillos
Pradera natural	2.0 - 3.1	Novillos
Kudzú-Ruzi	1.2 - 3.4	Novillos

^{1/} Praderas manejadas a la presión de pastoreo óptima.

Las variaciones en disponibilidad y en carga animal dan origen también a diferencias en el porcentaje de utilización. Aquí es importante distinguir entre el porcentaje de utilización por pastoreo y el porcentaje de utilización total. En el Cuadro 5 se presentan algunos datos obtenidos con diferentes praderas y se aprecia que al considerar el porcentaje de utilización por pastoreo este es bajo y depende del tipo de pradera. En las praderas naturales y en asociaciones es menor que en praderas mejoradas de gramíneas solas

manejadas en forma intensiva pero a una presión de pastoreo óptima (Cuadro 6).

Cuadro 6. Porcentaje de utilización de praderas tropicales.

Tipo de pradera	Óptima presión de pastoreo	
	Por pastoreo	Por año
Pradera Natural	20 - 30	50 - 86
Kudzú-Ruzi	24 - 35	86 - 100
Estrella	40 - 55	90 - 100

Los diferentes aspectos del manejo de las praderas no son importantes en sí, sino como partes o componentes de un sistema de producción animal. Este debe observarse tanto desde sus bases biológicas como dentro de un concepto socioeconómico de su utilización. Por lo tanto, luego de haber considerado algunos aspectos de la producción de la biomasa y su uso es conveniente conocer su integración dentro de un modelo de producción y su uso.

En el Cuadro 7 se presenta la producción de leche que es posible obtener cuando se usan dos sistemas intensivos de manejo del Pasto Estrella Africana. Aunque la producción individual no es alta la carga animal que se puede mantener en la pradera resulta en una elevada producción por unidad de superficie. El aumento en carga animal por efecto del pastoreo rotacional diario significó un aumento de un 30% en la producción por hectárea.

Cuadro 7. Producción de leche en praderas de Pasto Estrella Africana en manejo intensivo*.

Período de pastoreo	Producción de leche kg/vaca/día	Carga Animal Vaca/ha	Producción de leche kg/día/ha
1	5.69	7.47	43.0
5	5.71	5.88	33.7

* Período de descanso 21 días.

Nitrógeno: 250 kg/ha/año

Adaptado de Gutiérrez, 1974.

La suplementación de vacas lecheras en el trópico

Cuando la estacionalidad en la producción de la pradera es marcada, el uso de alimentos suplementarios puede ser útil para mantener la producción. Hay poca información para evaluar el verdadero valor de la suplementación en la producción. Molina encontró que variando la exposición al pastoreo se encontraban cambios moderados en producción pero sí se producía aumento de peso en los animales que recibían mayor cantidad de concentrado (Cuadro 8). Estos resultados han sido confirmados en otros trabajos realizados en Turrialba donde se han encontrado aumentos de 14 a 18% en producción de leche cuando se suplementaban vacas en pastoreo con alimentos ricos en almidón. Todos los resultados están de acuerdo con lo informado por Combellas, Baker y Hodgson para varias condiciones tropicales.

Otros componentes del sistema productivo constituyen el crecimiento y

manejo de los reemplazos, así como el componente genético. Varios trabajos realizados en Turrialba han mostrado la posibilidad de la cría de reemplazos usando un nivel restringido de leche de 180 litros, junto con un concentrado basado en subproductos tropicales y con salida a pastoreo a edad temprana (Cuadro 9).

Cuadro 8. Producción de leche con vacas Criollo, Jersey y sus cruces suplementadas con varios niveles de concentrado líquido.

Horas en Confinamiento	Consumo de suplemento kg/vaca/día*	Producción de leche	
		kg/vaca/día	
		Inicial	Aumento
18	13.0	7.1	2.2
16	12.0	7.4	2.0
12	8.5	7.6	1.5
8	8.6	7.5	1.0
2	4.8	7.6	0.5
0	0.0	7.1	0.0

* Basado en: Melaza de caña = 74%
Torta de algodón = 18%
Harina de carne = 8%

Adaptado de Molina, O., 1973.

Cuadro 9. Comportamiento de terneras de lechería bajo pastoreo. Gramos de ganancia/día.

Período de descanso de las praderas, días	Edad del animal cuando sale a pastoreo, semanas				
	2	6	10	14	Promedio
21	314	296	262	399	318
42	401	282	248	296	307
Promedio	358	289	255	348	312

Leal y Ruiz. Resultados no publicados.

Por otro lado, el componente genético ha sido evaluado por CATIE por más de 25 años. Esto ha llevado a proponer un cruzamiento rotacional donde se utilizan el Criollo, Jersey y una tercera raza como Ayrshire o Rojo Danés. Los resultados expresados no sólo en producción de leche sino también en eficiencia reproductiva se presentan en el Cuadro 10. El sistema de cruzamientos es simple si se usa inseminación artificial; pero el uso de un esquema que involucre cruzamientos rotacionales de solamente dos razas puede recomendarse cuando se usa monta natural.

Cuadro 10. Comparación de diferentes grupos raciales en el CATIE*.

Grupo racial	No. de lactancias	Intervalo entre partos	Producción de leche kg/lactancia $\bar{X} \pm$ d.e.
Criollo	1117	12.6	1382 \pm 600
Jersey	433	12.7	2180 \pm 510
1/2C 1/2J = F ₁	397	12.4	2221 \pm 410
Ayrshire x F ₁	58	13.2	2469 \pm 460
Rojo Danés x F ₁	30	13.0	2112 \pm 470

Alvarez, Deaton y Muñoz, 1977.

Un modelo práctico

Los conceptos presentados han dado origen a la propuesta de un modelo de producción de leche que ha sido validado en el campo. Este ha sido llamado el Módulo de Producción de Leche del CATIE e integra los conceptos de alimentación, cruzamiento y manejo de un hato lechero para el trópico. Este es una unidad de producción que se adapta a las condiciones de los pequeños productores

debido al área que utiliza, emplea mano de obra familiar y es altamente eficiente en términos biológicos y económicos.

El módulo lechero es por lo tanto una unidad de producción cuya característica principal es el uso de recursos que el hombre no consume diariamente, como el pasto y subproductos agroindustriales fácilmente obtenibles en el área, o utiliza pastos adaptados a la zona que pueden ser distintos en diferentes regiones del trópico; en Turrialba, Costa Rica y San Pedro Sula, Honduras, se usa Pasto Estrella; en Río Frío y Coto Brus, Costa Rica, se usa Pasto Ruzi. Además, se utilizan recursos agroindustriales, como melaza y urea, que cumplen con la función de aportar nutrientes para una producción eficiente.

El pasto se maneja en forma intensiva con miras a lograr un máximo uso de aquél disponible y se utiliza pasto de corte o caña de azúcar para suplir escasez de alimento en épocas de baja producción de forraje.

El uso de animales adaptados al medio es de fundamental importancia para lograr una alta producción por unidad de superficie, ya que los pequeños productores tienen limitación de tierra.

La crianza de terneros con miras a producir los reemplazos para el futuro, está orientada a disminuir el consumo de leche por animal, de modo de aumentar la disponibilidad para el consumo humano. Aquí también el consumo de pasto en pastoreo a temprana edad, juega un papel determinante en tener animales adaptados a las condiciones del ambiente.

El esquema operacional en Turrialba usa un área total de 3.5 hectáreas,

de área plana pero de drenaje pobre. Hay 28 animales (20 vacas, 4 novillas y 4 terneras) en cruces Criollo x Jersey y Ayrshire. La alimentación es en pastoreo rotacional en Pasto Estrella Africana (Cynodon nlemfuensis) en que hay un día de pastoreo con las vacas en producción, seguido de un día por las vacas secas y novillas adultas y luego 21 días de descanso (se requieren 23 potreros). Suplementación al ordeño con maleza y urea al 3% (2 kg/animal/día), forraje suplementario en época seca (caña de azúcar). A los terneros se les proporciona alimento concentrado con 24% de proteína desde el nacimiento a los 4 meses. En la Figura 2 se muestra el sistema alimenticio de

La fertilización depende de la fertilidad natural del suelo y en Turrialba se aplica Nitrógeno 250 kg/ha/año varias aplicaciones.

El calendario sanitario es de acuerdo a las enfermedades comunes de la zona.

Las instalaciones consisten de una cerca periférica fija con alambre de púa, las internas, eléctricas. La zona de ordeño con brete pasante de dos puestos.

Los resultados obtenidos en el sistema de producción de leche CATIE se resume en el Cuadro 11.

Cuadro 11. Producción del Módulo del CATIE.

Producción de leche:	16.000	kg/ha/año
	2.800	kg/vaca/año
	3.000	kg/vaca/lactancia
	9.10	lt/vaca/día
	7.70	lt/vaca en el hato
Carga animal:	6.57	cabezas/ha
Intervalo entre pastos:	13	meses
Servicios por preñez:	2.2	s/preñez

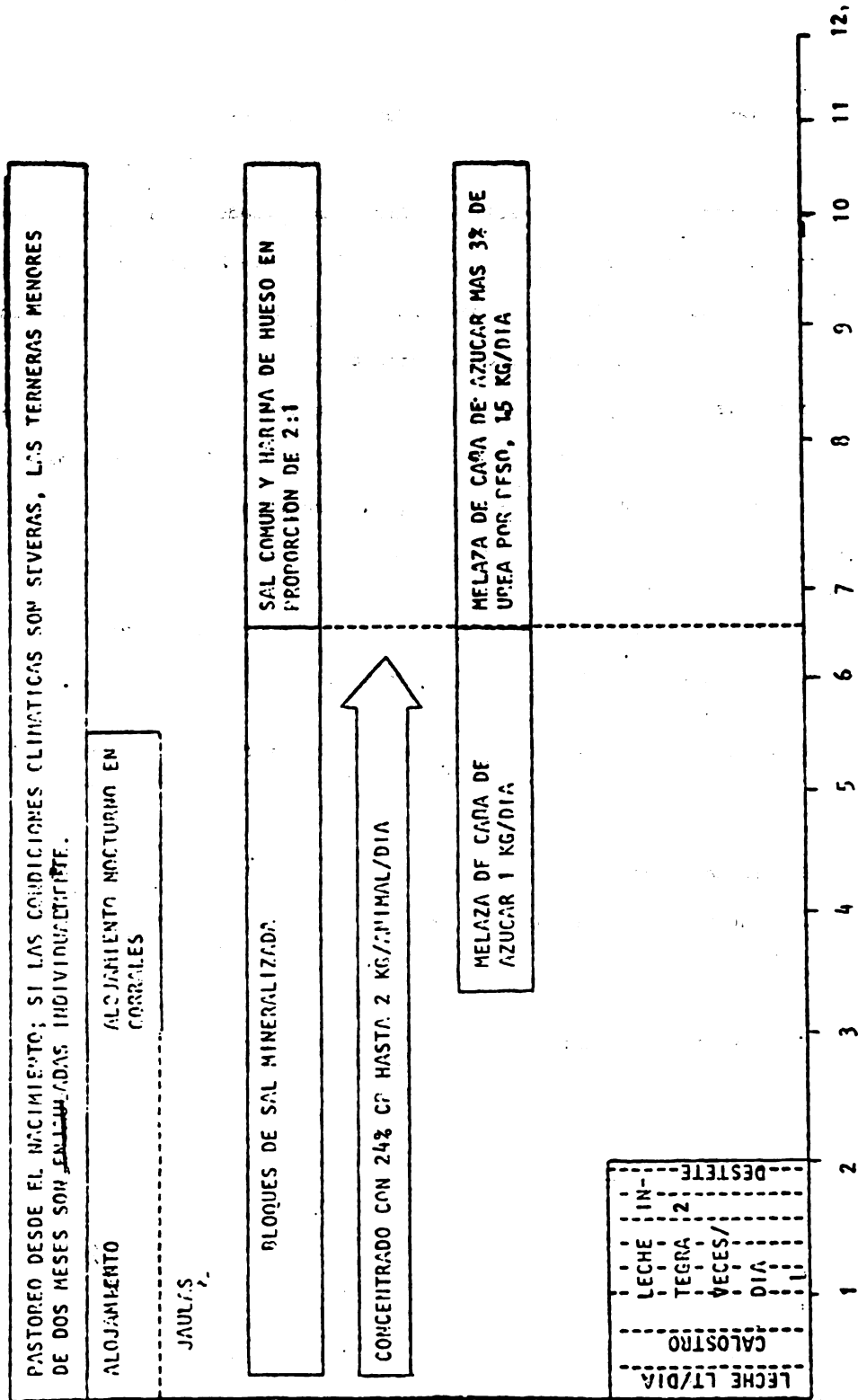


Figura 2. Módulo de producción de leche. Diagrama del Programa de alimentación y manejo de terneros. EDAD, MFSFS

Los datos anteriores muestran el alto nivel productivo que se puede obtener en condiciones tropicales húmedas donde el potencial de la pradera se trata de aprovechar en forma completa. Aunque la producción por animal es relativamente modesta, la alta carga permite obtener elevadas producciones por hectárea. Sin embargo, para que una unidad como ésta sea aplicable por el productor debe ser económica en sus resultados y ser estable en el largo plazo. El Módulo del CATIE ha mostrado que bajo manejo intensivo las praderas pueden mantenerse por largos períodos si se consideran los aspectos importantes del manejo. Por otro lado, la eficiencia económica ha sido alta y en el Cuadro 12 se muestran los valores obtenidos en Turrialba para 1978 y 1979. Indudablemente que al tratar de extrapolar estos resultados debe tomarse en cuenta la variación en los índices económicos que se presenten.

Cuadro 12. Costos de insumos y precios de leche en Costa Rica, 1978-1979.

ITEM	US\$
Vaca lechera, adulta	820 /cabeza
Mano de obra (incluye costo social)	6.9 /día
Melaza de caña	35 /T. M.
Urea	246 /T. M.
Concentrado, 24% P.C.	232 /T. M.
Alquiler de tierra	70 /ha/año
Ingreso por leche (-costo transporte)	0.28 /kg
Interés bancario	12%

Los datos de la producción combinado con los datos de costos resulta en que la inversión total necesaria es de US\$26.000.00 para establecer una unidad de 3.8 ha y operarla durante el primer año. El ingreso que se obtiene se debe en un 92% a la venta de leche. La producción total para un año operativo significan 57.000 kg de leche que producen un ingreso bruto de US\$17.000.00/año. Esto se traduce en un ingreso neto anual de US\$4.465.00 para el Módulo o sea US\$1.175.00/ha/año. La rentabilidad obtenida para los últimos años ha estado sobre el 35% y ésta es una de las razones principales para explicar la gran aceptación que el Módulo ha tenido entre productores y agentes de extensión.

La proyección

El sistema de producción descrito ha servido de base para la acción del Programa de Producción Animal del CATIE en el Istmo Centroamericano. Su adaptación a diferentes condiciones del trópico de esta región está siendo objeto de investigación mediante la acción conjunta del Banco Interamericano de Desarrollo, USAID/ROCAP, el CATIE y las instituciones nacionales de investigación.

Además, la puesta en marcha de unidades de producción que utilicen los conceptos mencionados anteriormente se están llevando a cabo con el Banco Central de Honduras/CATIE y con el ITCO en Costa Rica. Los resultados obtenidos son altamente satisfactorios en la zona de Río Frío y ya involucran a cerca de 20 colonos, algunos resultados para los primeros productores se presentan en el Cuadro 13.

Cuadro 13. Establecimiento de sistemas de producción de leche en Río Frío, Costa Rica*.

INFORMACION BIOLOGICA

Número de colonos	9
Aumento en número de potreros	de 2.3 a 24.8 ha
Aumento en animales/parcela	de 4.1 a 25.0 cabezas
Aumento en producción lt/día	de 6.6 a 80.7
Aumento en vacas lecheras/parcela	de 1.0 a 11.7

INFORMACION ECONOMICA

Costo de establecimiento	US\$ 20.426.00
Gastos anuales	
Interés al capital (12%)	2.451.00
Depreciación	985.00
Gastos operativos (incluye mano de obra)	<u>4.635.00</u>
TOTAL	US\$ 8.071.00
Ingreso Bruto Anual	
Ventas de leche	10.163.00
Ventas de machos y desecho	<u>982.00</u>
TOTAL	US\$ 11,145.00
Ingreso Neto	3.074.00
Tiempo de amortización	8 años
Rentabilidad	38 %

* Proyecto ITCO-CATIE (1980).

Las actividades de desarrollo que se llevan a cabo involucran la realización de un diagnóstico inicial usando una metodología perfeccionada en el CATIE que permite conocer en un plazo breve cuales son los factores limitantes de la producción. A la luz del conocimiento técnico disponible y de la realidad socioeconómica de la región es posible desarrollar acciones en una

forma planificada. En el caso de las actividades ejecutadas en la zona de colonización del ITCO en Río Frío, el diagnóstico involucró el reconocimiento de los recursos físicos, biológicos y humanos. Este indicó que era preciso efectuar una selección apropiada de los colonos interesados, la preparación del plan de desarrollo de la propiedad, el apoyo en la adquisición de animales adaptados a la zona y con adecuado potencial lechero, acciones de entrenamiento y la supervisión de cada etapa que se había planificado. Uno de los aspectos importantes en esta etapa de desarrollo fue la importancia que se dio a la capacitación de los colonos mediante la demostración y enseñanza de las técnicas a ejecutar. Los datos del Cuadro 13 muestran el cambio en el ingreso obtenido por los colonos que cambió de US\$ 1.022.00 a US\$11.145.00 por año lo que ha cambiado la actitud del productor. Además, inicialmente el ingreso obtenido estaba constituido en un 75% por el subsidio del ITCO, que fue eliminado al finalizar el primer año de actividades. En la actualidad puede considerarse que el colono que está involucrado en estas actividades es ya un empresario que tiene un enfoque diferente sobre su futuro y el de su familia.

El éxito de una actividad como la mencionada depende de una acción conjunta de varios de los componentes de la producción y productividad. La experiencia acumulada permite poder detectar otros factores limitantes y su magnitud en el desarrollo agropecuario. Así la pobreza o falta de adecuados canales de mercadeo, la escasez de animales con habilidad o potencial lechero adaptados a las condiciones del trópico, la falta de suficientes profesionales y técnicos con preparación adecuada y la restricción en los préstamos bancarios son importantes restricciones en el desarrollo masivo de proyectos de

producción animal. La mejora del productor requiere por lo tanto la acción conjunta de los resultados de la investigación, del desarrollo, mercadeo y apoyo financiero para apoyo al pequeño productor dentro de sus propios recursos humanos, técnicos, físicos y económicos.

Otra experiencia del Programa de Producción Animal del CATIE está en el apoyo al productor ganadero que es sujeto de crédito de desarrollo. Empleando una metodología similar de diagnóstico, se han identificado los factores limitantes en la producción y formulado un plan de implementación que se ha realizado por ya más de tres años. Se han asistido más de 100 haciendas lo que ha permitido además conocer el grado de conocimiento y de adopción de las tecnologías propuestas así como su impacto a nivel de la finca. Mediante un programa planificado de visitas y demostraciones es factible además de evaluar los cambios en los parámetros productivos en el hato. Como ejemplo se puede citar que en haciendas bajo asistencia técnica por más de un año el porcentaje de natalidad aumenta de 65% a 73.6% lo que significa un cambio de más de 13% en este importante parámetro. Así se ha observado que ha habido un aumento de un 17% en el número de vacas en producción, que es producto del ingreso de vacas nuevas y del ingreso de nuevas vaquillas en producción. Esto ha significado un aumento de un 22% en la producción diaria total probablemente por la mayor cantidad de vacas en producción, pero también de un mejoramiento del potencial de las vacas en producción. El análisis de haciendas indicadoras ha mostrado un aumento real de un 45% en la producción diaria total y en la producción por vaca. El aumento en la producción obtenida será mayor a medida que el efecto de la selección y el mejoramiento se hagan más evidentes.

La estrategia de desarrollo para zonas tropicales debe incluir un adecuado conocimiento tecnológico de la producción animal. Sin embargo, el dominio de los aspectos productivos es uno de los factores de la producción. Un adecuado plan de capacitación de los profesionales, técnicos y productores involucrados debe ser complemento inseparable de esta acción general. La disponibilidad de un programa crediticio de acuerdo a las necesidades debe también considerar los aspectos limitantes de mercadeo y acopio de los productos de la finca. Si el potencial existe es responsabilidad de los técnicos su uso eficiente para poder mantener un equilibrio ecológico adecuado y desarrollar modelos de producción en equilibrio con el medio.

PARAMETROS DE EVALUACION DEL MANEJO DE PASTURAS

Rolain Borel, Ph.D.

Las prácticas de manejo de pasturas buscan una alta eficiencia de uso del recurso "pastos". Esta eficiencia se expresa en la siguiente fórmula:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Forraje consumido}}{\text{Forraje producido}}$$

Cabe notar aquí, que no se considera la relación entre la energía solar y la energía retenida en el forraje producido (cerca de 1%), ni tampoco la relación entre la energía contenida en los aumentos de peso y la del forraje consumido (entre 0 y 10%). Este último, depende básicamente de la carga, de la calidad del pasto y del tipo de los animales.

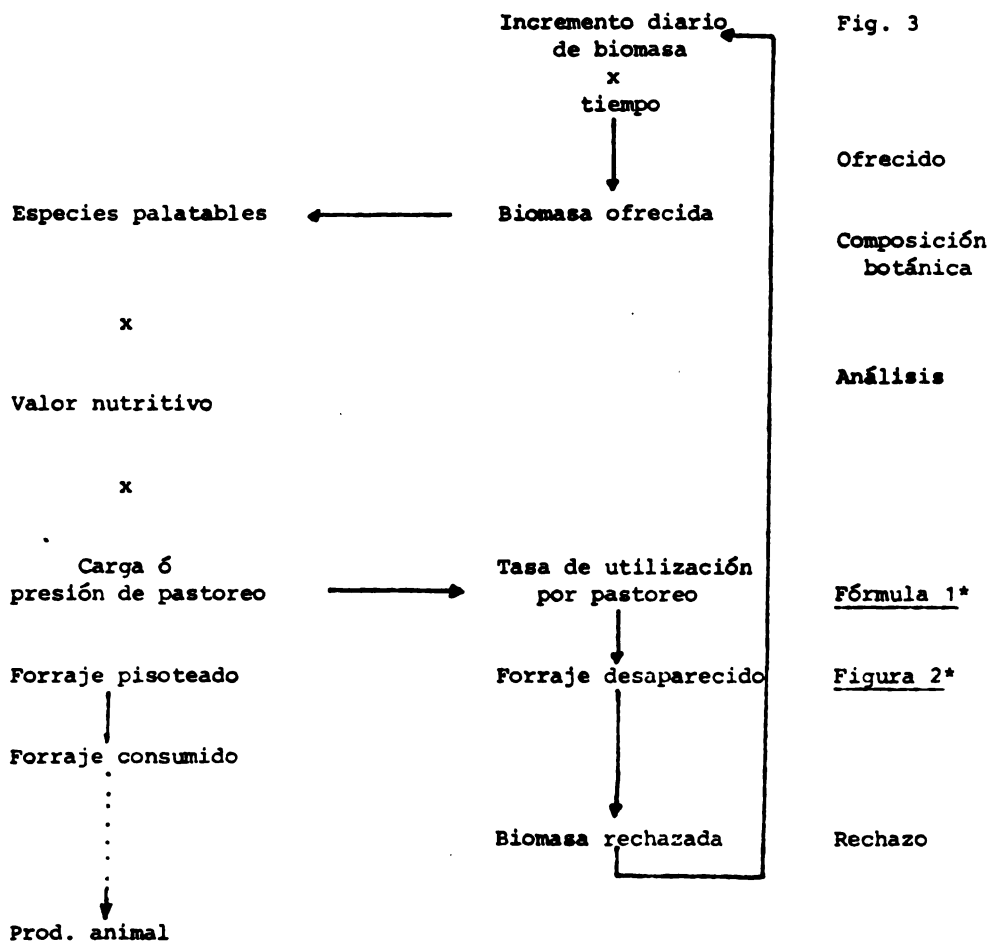
El primer parámetro de la productividad de las praderas es el INCREMENTO DIARIO DE BIOMASA (IDB); a veces llamado erróneamente "tasa de crecimiento". Este incremento, después de pasado cierto tiempo, se traduce en una cantidad de pasto OFRECIDO, cuya disponibilidad se puede medir o estimar con los métodos de muestreo apropiados. El OFRECIDO puede ser caracterizado con más detalle por medio de la medición de la COMPOSICION BOTANICA para estimar la fracción del forraje ofrecido que es susceptible de ser consumido o apetecido por los animales. Dentro del mismo, también se puede separar el OFRECIDO en material verde y material seco, sea por separación a mano o por cuantificación de la clorofila.

Por otra parte, el OFRECIDO puede ser descrito en términos de VALOR NUTRITIVO, considerando composición química, digestibilidad y otras medidas de

la estructura de la pradera, que tienen relación con la facilidad de consu-

mo.

Medición o
cálculo



* Ver texto

Figura 1. Procesos de producción y utilización de pasturas.

El forraje OFRECIDO, su COMPOSICION BOTANICA y VALOR NUTRITIVO se combinan con los efectos de la carga animal o presión de pastoreo para determinar la TASA DE UTILIZACION POR PASTOREO y la cantidad de FORRAJE CONSUMIDO.

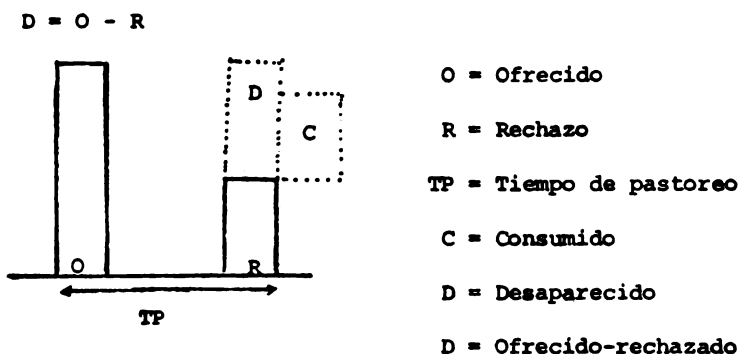


Figura 2. Forraje desaparecido.

El forraje CONSUMIDO no puede ser determinado en base a muestreos agronómicos solamente; la diferencia entre el OFRECIDO y el RECHAZO en un pastoreo dado consiste en el FORRAJE DESAPARECIDO (Fig. 2) que incluye el pasto CONSUMIDO y el PISOTEADO. Sin embargo, en muchas mediciones, se considera como consumido lo desaparecido, especialmente cuando no interesan valores absolutos de consumo, sino valores relativos entre tratamientos o fincas. El forraje DESAPARECIDO constituye un indicador del nivel máximo de consumo en los casos donde la disponibilidad de forraje por animal es muy limitante.

La TASA DE UTILIZACION del forraje por PASTOREO se estiman como

$$EP = \frac{D}{O} \times 100 \quad (\text{Fórmula 1})$$

Los valores varían entre 20% y 60%, considerándose 40-50% como aceptable.

El "Consumo" por animal se estima de la siguiente forma:

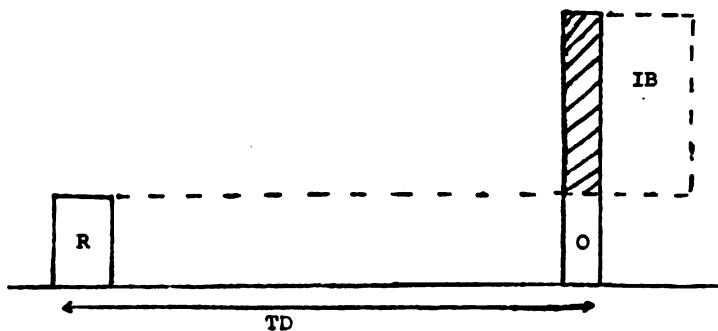
$$CA = \frac{D}{TP \times PV} \times 100$$

D x CA (es decir) / 100

donde CA = consumo por animal en kg MS/100 kg PV ó (%)

y PV = Carga animal, kg peso vivo.

Valores apropiados deberían mantenerse encima del 2%.



IB = Incremento de biomasa

TD = Tiempo de descanso (días)

$$\text{Incremento de biomasa diario (IBD)} = \frac{O - R}{TD}$$

Figura 3. Incremento de Biomasa.

El INCREMENTO DE BIOMASA se estima restando al pasto OFRECIDO, de este pastoreo, el RECHAZO del pastoreo anterior. Para obtener el INCREMENTO DIARIO se divide entre el tiempo de descanso. EL INCREMENTO DE BIOMASA DIARIO varía considerablemente de una zona ecológica a otra, de un período del año al otro y de un año a otro. También depende del tipo de pradera.

La CARGA INSTANTANEA de una parcela dada se obtiene según la fórmula 2.

$$(Fórmula 2) \quad CI = \frac{PV}{Ap \times UA}$$

Ap = Area de la parcela o potrero (ha).

UA = Valor de una Unidad animal (kg).

Por otra parte, la CARGA REAL que refleja el verdadero potencial de una área se estima con:

$$CR = \frac{CI \times TP}{TP + TD}$$

Esta fórmula puede usarse cuando los apartos son de un tamaño uniforme; cuando no sea el caso, la fórmula será: $CR = \frac{PV}{Af \times UA}$

donde Af = área de la finca (ha).

La PRESION DE PASTOREO no relaciona la cantidad de animales a un área dada, como es el caso de la CARGA, sino la relaciona con el forraje disponible en la siguiente forma:

$$PP = \frac{TP \times PV}{O} \quad (\text{kg PV/kg MS día})$$

Frecuentemente la presión de pastoreo se expresa por medio de su inversa o sea la ASIGNACION diaria de MS. $AS = \frac{O \times 100}{TP \times PV}$

Los valores adecuados de asignación se sitúan entre 8 y 12 kg MS/100 kg PV/día, o sea valores mucho más elevados que el potencial de consumo de los animales. Esto se debe a que la disponibilidad de lo OFRECIDO incluye TODO el material presente, incluyendo aquel que por fibroso, seco e inapetecible por el animal, nunca llega a ser consumido.

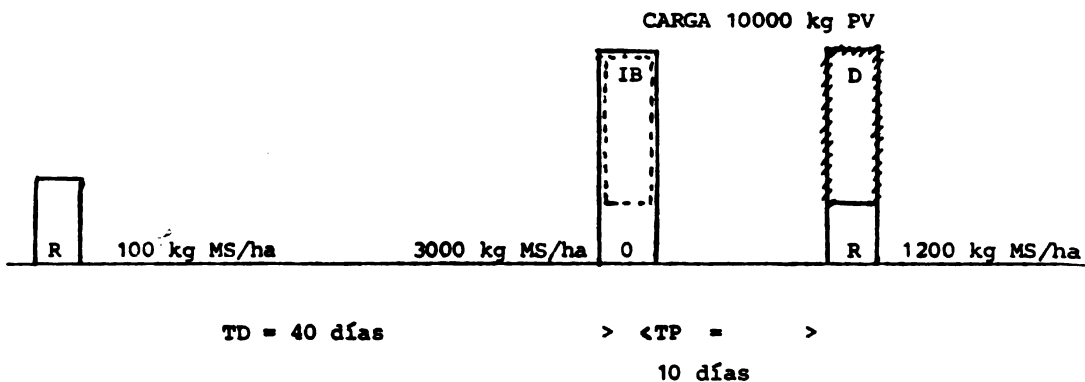
La eficiencia que relaciona lo consumido con lo producido es la que se llama también EFICIENCIA TOTAL de UTILIZACION por AÑO o por EPOCA. Esto se puede estimar siempre que las mediciones hayan sido tomadas por un período de tiempo largo. Prácticamente se relaciona lo DESAPARECIDO con el INCREMENTO DE BIOMASA (IB); para relacionar datos comparables se deben calcular ambos parámetros en base diaria o sea:

$$\text{EFICIENCIA TOTAL : } ET = \frac{D}{(TD + TP) \text{ IBD}} \times 100$$

(Expresada en %).

Si el sistema de pastoreo es muy eficiente, la EFICIENCIA TOTAL tiene valores cerca de 100%. Sin embargo hay que notar que durante la época lluviosa la EFICIENCIA TOTAL tiende a ser menor que 100% (porque los animales no logran hacer uso de todo el forraje producido) y en la época seca tiende a ser mayor que 100% (cuando el pasto no crece (IBD = 0) y los animales consumen el pasto remanente de la época de lluvias). En la práctica, los valores fluctúan entre 60% y 80%.

Ejemplo:



FORRAJE DESAPARECIDO, D = 3000 - 1200 = 1800 kg /ha

EFICIENCIA DE UTIL. (PASTOREO) EP = $\frac{1800}{3000} \times 100 = 60\%$

"CONSUMO", CA = $\frac{1800}{5 \times 10000} \times 100 = 2.6\%$

INCREMENTO DE BIOMASA DIARIO, IBD = $\frac{3000 - 1000}{40} = 50 \text{ kg/ha/día}$

CARGA INSTANTANEA, CI = $\frac{10000}{1 \times 400} = 25 \text{ UA/ha}$

CARGA REAL, CR = $\frac{25 \times 10}{10 + 40} = 5 \text{ UA/ha}$

ASIGNACION; AS = $\frac{3000 \times 100}{10 \times 10000} = 3\%$

EFICIENCIA TOTAL*, ET = $\frac{1800 \times 100}{(10 + 40) \times 50} = 72\%$

RECOMENDACION PRACTICA

Con el seguimiento de solo dos variables en sistemas de pastoreo (sea bajo experimentación o en las fincas mismas) se pueden estimar un número de parámetros útiles para evaluar el manejo de las praderas; estas dos variables son el pasto ofrecido y el rechazado. Estos se pueden estimar visualmente con los muestreos apropiados.

* Indicada solo como demostración de cálculo, porque en un solo pastoreo no tiene sentido.

REFERENCIAS

- ALVAREZ, F. J. y PRESTON, T. R. Amoníaco/miel y urea/miel como aditivos para caña de azúcar ensilada. *Producción Animal. Trop.* 1:100-107. 1976.
- _____ ; PRIEGO, A. y PRESTON, T. R. Comportamiento animal en caña de azúcar ensilada. *Producción Animal Tropical* 2:27-33. 1977.
- ALVAREZ, J., DEATON, O. y MUÑOZ, H. Veinticinco años de selección en un hato lechero del trópico húmedo. *Memorias ALPA No. 13.* p. 149. 1978.
- AMMERMAN, C. B., et al. Biuret, urea, and natural proteins as nitrogen supplements for low quality roughage for sheep. *Journal of Animal Science* 35(1):121-127. 1972.
- ANDREW, C. S. Influence of nutrition fixation and growth of Legumes. In a review on Nitrogen in the Tropics with particular reference to pastures. A simposium. Commonwealth Agricultural Bureaux. CAB. Bulletin 46. Alden Press, Oxford, England. 1962.
- ANDREW, C. S. Nutritional restraints on legume-symbiosis. In Exploiting the legumes-rhizobium symbiosis in Tropical Agriculture. Proceedings of a Workshop. University of Hawaii. Niftal Project. United States Agency for International Development. College of Royal Agriculture. Miscellaneous Publication 145. 1976.
- BERNAL, E. J., LOTERO, C. J. y CHAVERRA, G. H. Control de malezas de hoja ancha en un potrero de pasto puntero. *Agricultura Tropical* 24(10) 651-658. 1968.
- BODISCO, V. et al. Consumo voluntario de materia seca, peso y producción de vacas lecheras. *Agronomía Tropical (Venezuela)* 25(6):533-547. 1975.
- BOODO, A. A., DELAITRE, J. C. y PRESTON, T. R. Punta de caña ensilada con diferentes aditivos. *Prod. Anim. Trop.* 2:188-191. 1977.
- BRYAN, W. W. Some aspects of nitrogen and plant production. In a review on nitrogen in the tropics with particular reference to pastures. A Symposium. Commonwealth Agricultural Bureaux, CAB. Bulletin 46. Alden Press, Oxford, England. 1962.
- BRYAN, W. W. Tropical and subtropical forests and heaths. In Australian Grasslands. Canberra. Australian National University Press. pp. 101-111. 1970.
- BURKART, A. Las leguminosas argentinas silvestres y cultivadas. Buenos Aires, Acme Agency. 1943.

- BURNS, J. C. Symposium; forage quality and animal performance. Antiquity factors as related to forage quality. *Journal of Dairy Science* 61(12): 1809-1820. 1978.
- CAMACHO, R. Mezcla de gramíneas y leguminosas. Potencial de las leguminosas de Colombia. *In* *Memorias. Seminario sobre alimentación de rumiantes con forrajes. Asociación Colombiana de Producción Animal, ACOPA, Bogotá, Colombia.* 1977.
- CATAÑO, E. O. Aceptación de varias especies de gramíneas tropicales por el ganado bovino en pastoreo. Tesis Mag. Sci., Turrialba, Costa Rica, IICA, 1970. 46 p.
- CATCHPOOLE, V. R. y HENZELL, E. F. Silage and silage-making from tropical herbage species. *Herbage Abstracts* 41:213-221. 1971.
- COMBELLAS, J., BAKER, R. D. y HODGSON, J. Concentrate supplementation, and the herbage intake and milk production on heifers grazing *Cenchrus ciliaris*. *Grass and Forrage Science* 34:303-310. 1979.
- COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL ORGANIZATION. Informes Anuales 1967-1978. *Division of Pastures. CSIRO, Australia.* 1967-1978.
- COOPER, J. P. Potential production and energy conversion in temperate and tropical grasses. *Herbage Abstracts* 40(1): 1-15. 1970.
- CUBILLOS, G. F. The influence of grazing pressure upon the output of beef per hectare on red clover and ryegrass pastures. Ph.D. Dissertation, Purdue University Lafayette Indiana, 1968. 218 p.
- _____, VOHNOUT, K. y JIMENEZ, C. Sistemas intensivos de alimentación del ganado en pastoreo. *In* *Seminario sobre el potencial para la producción de ganado de carne en América tropical. Trabajos presentados, Cali, Colombia, febrero 18-21, 1974. Cali, Colombia.* pp. 141-215. 1975.
- DATE, R. A. Nitrogen, a major limitation in the productivity of natural communities, crops and pasture in the pacific area. *Soil Biology and Biochemical* 5:5-13. 1973.
- DAHLMAN, R. C., OLSON, J. C. y DOKTADER, K. The nitrogen economy of grassland and dune soil. *In* *Biology and Ecology of Nitrogen. National Academy of Science. Washington.* pp. 58-82. 1962.
- DE GEUS, J. G. Posibilidades de producción de pastos en los trópicos y sub-trópicos. *Centre D'Etude De L'Azote. Zurich, Suiza.* 1979.
- DELGADO, A. Algunos factores que afectan el uso eficiente de los pastos para la producción de carne. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 11(3):227-250. 1977.

- DEVILLE, J., WONG, Y., LECLEZIO, P. y DUVIVIER, P. Producción de ensilaje de cogollo de caña y su uso para el ganado bovino. *Prod. Anim. Trop.* 4:134-137. 1979.
- DOLL, J. y ARGE, P. Guía práctica para el control de malezas en potreros. Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, Cali, Colombia. Serie ES-22. 30 p. 1976.
- ELLIS, W. C. Determinants of grazed forage intake and digestibility. *Journal of Dairy Science* 61(12):1828-1840. 1978.
- FITZHUGH H. A. y BYINTON, E. K. Enfoque por sistemas de producción pecuaria. *Revista mundial de zootecnia* 27:2-6. 1978.
- FORD, C. W. *In vitro* digestibility and chemical composition of three tropical pasture legumes, Desmodium intortum cv. Greenleaf, D. tortuosum and Macroptilium atropurpureum cv. Siratro. *Australian Journal of Agricultural Research*. 29(5):963-974. 1978.
- GANTZ, R. L. y LANING, E. R. Destrucción química de las especies leñosas en los pastizales. *Biokemia Dow* 3:20-23. 1964.
- GIBB, M. J. y TREACHER, T. T. The effect of herbage allowance on herbage intake and performance of ewes and their twin lambs grazing perennial ryegrass. *Journal of Agricultural Science* 90(1):139-147. 1978.
- GIHAD, E. A. Studies on the nutritional value of pasture species in Zambia. *East African Agricultural Forestry Journal* 41(4):335-339. 1976.
- GRAHAM, P. H. y HUBELL, D. H. Interacción suelo-planta-Rhizobium en la agricultura tropical. In *Manejo de suelos en la América Tropical*. Seminario sobre manejo de suelos y el proceso de desarrollo en América Tropical. CIAT, Cali, Colombia. 1974.
- GUTIERREZ, M. A. Comparación de dos métodos intensivos de utilización de pasto estrella africana (*Cynodon plectostachyus* (K. Shum Pilger) en la producción de leche. Tesis Mag. Sci., Turrialba, Costa Rica, IICA, 1974. 71 p.
- HALLSWORTH, E. G. *Nutrition of the legumes*, London. Butterworths Scientific publications. 1958.
- HART, R. D. Agroecosistemas. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, Turrialba, Costa Rica. 1979. 211 p.
- HENZELL, E. F. Problems in comparing the nitrogen economics of legume-based and nitrogen fertilized pasture systems. *Proceedings. XI International Grassland Congress*, A112-A120. 1970.

- HENZELL, E. F. y MORRIS, D. O. Process by which nitrogen is added to the soil/plant system. In a review on Nitrogen in the Tropics with particular reference to pastures. A symposium. Commonwealth Agricultural Bureaux, CAB. Bulletin 46. Alden Press, Oxford, England. 1962.
- HUTTON, E. N. Plant improvement for increased animal production. Journal of the Australian Institute of Agriculture. Science 37(3):217-225. 1971.
- _____. Los pastos tropicales y la producción de carne de vacuno. Revista Mundial de Zootecnia No. 12. FAO. 1974.
- JOHNSTONE-WALLACE, J. and KENNEDY, K. Grazing management practices and their relationship to the behavior and grazing habits of cattle. Journal of Agriculture Science 34:190-197. 1944.
- JONES, C. A. The potential of *Andropogon gayanus* Kimith in the Oxisol and Ultison Savannas of Tropical America. Herbage Abstracts, 49 1-8. 1979.
- JONES, R. J. The place of legumes in tropical pastures. Food and Technology Centre, Taiwan. Technological Bulletin 9:1-69. 1972.
- JONES, R. J. Yield potential for tropical pasture legumes. In Exploiting the Legumes-Rhizobium Symbiosis in Tropical Agriculture. Proceedings of a Workshop. University of Hawaii. Niftal Project. United States Agency for International Development. College of Royal Agriculture. Miscellaneous Publication 145. 1976.
- LANING, E. R. TORDON...Controla las malezas de raíz profunda. Biokemia Dow. 2:1-5. 1963.
- LARA y LARA, E. P. Diferentes niveles de melaza y urea en el ensilaje de caña de azúcar (*Sccharrum officinarum* L.). Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1977. 72 p.
- LAREDO, M. A. y MINSON, D. J. The pepsin soluble dry matter of leaf and stem fractions of grasses in relation to voluntary intake by sheeps. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry 15(73):203-206. 1975.
- LAWSON, H. Los helechos y el pastoreo en tierras altas. Biokemia Dow. 8:9-11. 1965.
- LAZARTE, M. A. Efecto de la suplementación con yuca (*Manihot esculenta* Crantz) como fuente de almidón sobre la producción de leche en vacas en pastoreo. Tesis Magister Scientiae, CATIE-Universidad de Costa Rica, Turrialba, Costa Rica, 52 p. 1978.

- LEACH, G. J., JONES, R. M. y JONES, R. J. The Agronomy and Ecology of Improved Pastures. In: Show N. H. y Bryan W. W. (Eds) Tropical pastures research. Principles and Methods. Bull 51. Commonwealth areau y Pastures and Field Crops. England. 1976.
- LEON VELARDE, C. U. Componentes de los sistemas de producción de leche de pequeños productores en las regiones agropecuarias de la República Dominicana. Convenio IICA-SEA-FEDA. DT.48. Contrato 350/SF-DR. Gob. Dominicano-BID. 1977. 21 p.
- _____. Manejo de sistemas de producción de leche en el trópico. CATIE, Turrialba. Serie Materiales de Enseñanza No. 4. 60 pág. 1981.
- LOPEZ, J. M., PRESTON, T. R. y SUTHERLAND, T. M. El efecto de varios aditivos sobre la producción de ácido láctico en ensilaje de sorgo (Sorghum vulgare). Prod. Animal Trop. 1:180-184. 1976.
- MCLEOD, N. A., WILKINS, R. J. y RAYMOND, W. F. The voluntary intake by sheep and cattle of silages differing in free acid content. J. Agric. Sci. (Camb.) 75:311-319. 1970.
- MILNE, J. A. y CAMPLING, R. C. Intake and digestibility by sheep of artificially dried forages in several physical forms. Journal of Agricultural Science 78(1):79-86. 1972.
- MOLINA, O. Efecto de la suplementación de concentrados líquidos y la restricción del pastoreo en producción de leche. Tesis Magister Scientiae, IICA-CTEI, Turrialba, Costa Rica. J3 p. 1973.
- MORENO, A. H. Evaluación de ensilajes de pasto elefante Panamá (Pennisetum purpureum, Schum., P.I. 300-086) para la alimentación de vacas de doble propósito. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1977. 98 p.
- NATION, H. A. y LINCKY, C. H. El control de las especies leñosas. Biokemia Dow. 6:15-17. 1964.
- MORRIS, D. O. The biology of nitrogen fixation. In A review on Nitrogen in the Tropics with particular reference to pastures. A symposium. Commonwealth Agricultural Bureaux, CAB. Bulletin 46. Alden Press, Oxford, England, 1962.
- _____. The legumes and their associated Rhizobium. In Tropical pastures. Faber & Faber Limited, London, England. 1966.
- _____. y DATE, R. A. Legume bacteriology. In Tropical Pasture Research. Principles and Methods. Commonwealth Bureaux of Pastures and Field Crops. CAB. Bulletin 51. Alden Press, Oxford, England. 1976.
- ODUM, E. C. Energy basis of Man and nature, McGraw Hill, N. Y., 1976.

- PRESTON, T. R. El valor nutritivo de la caña de azúcar para el rumiante. *Producción Animal Tropical* 2(2):129-145. 1977.
- PRESTON, T. R., HINOJOSA, C. y MARTINEZ, L. Ensilaje de la caña de azúcar con amoníaco, miel y ácidos minerales. *Producción Animal Tropical* 1:124-131. 1976.
- RAMIREZ, A. Principios básicos sobre control de malezas en potreros. CATIE, 1978.
- RAVELO, G., McLEOD, N.A. y PRESTON, T. R. Ensilaje de caña de azúcar, forraje de yuca y urea. *Producción Animal Tropical*. 2:34-39. 1977.
- ROCHA, W. Evaluación del componente alimenticio y de la rentabilidad económica del Módulo Lechero del CATIE. Tesis Magister Scientiae, CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- RODRIGUEZ-CARRASQUEL, S. y MORILLO, D. E. Influencia de la frecuencia de corte y fertilización sobre el rendimiento y composición de Cynodon nlemfuensis. *Agronomía Tropical (Venezuela)* 27(6):613-619.
- RUILOBA, E. de y RUIZ, M. E. Utilización del ensilaje de pasto elefante var. Panamá (Pennisetum purpureum P. VI. GJ-300-08-6) para la producción de leche. *Memoria ALPA* 14:13. 1979.
- RUIZ, M. E., LOZANO, E. y RUIZ, A. El uso del camote (*Ipomoea batata* (L) Lam) en la alimentación animal. III. Adición de diversos niveles de raíces y urea al ensilaje de follaje. *Producción Animal Tropical* 6:(en prensa). 1981.
- SANTHIRASEGARAM, K. Praderas cultivadas mejoradas a base de leguminosas forrajeras. *In* Memorias. Seminario sobre el potencial para la América Tropical. 1974. CIAT. Cali, Colombia. 1975.
- SIERRA, O. Efecto de tres factores de manejo sobre la productividad y evaluación de un pastizal en Turrialba, Costa Rica. Tesis Magister Scientiae, Turrialba, Costa Rica.
- SILVESTRE, R., McLEOD, N. A. y PRESTON, T. R. Caña de azúcar ensilada con urea o amoníaco para el ganado de engorde. *Producción Animal Tropical*. 1:224-230. 1976.
- SKERMAN, P. J. Tropical Forage Legumes. FAO. Plant Production and Protection Series No. 2. 1977.
- SOEST, P. J. Van. Symposium on nutrition and forages and pastures: new chemical procedures for evaluating forages. *Journal of Animal Science* 23(3):838-845. 1964.

- SPAIN, J. M. Pasture establishment and management in the Llanos Orientales, Colombia. In: Sanchez, P. A. y Terpes, L. E. (Eds). Lemnora on Pasture Production on Acid Soils of the Tropics. Cali, Colombia. Proceedings, CIAT. pp. 167-175.
- STOBBS, T. H. y THOMPSON, P. A. C. Milk production from tropical pastures. World Animal Review No. 13. FAO. 1975.
- TUTIN, T. G. Classification of the legumes. In Nutrition of the Legumes, London, Butterworths Scientific Publication. pp. 3-14. 1958.
- ULYATT, M. J. The feeding value of herbage. In G. W. Butler y R. W. Bailey, eds. Chemistry and biochemistry of herbage. London, England, Academic Press. 1973. V. 3, pp. 131-178.
- VENTURA, M. La conservación de forrajes en el trópico. In técnicas modernas de producción animal en el trópico. Tegucigalpa, Honduras. Mayo 12-13, 1980. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 1980. pp. 118-148.
- VINCENT, J. M. Nitrogen form microbes. Journal Aust., Inst. Agric. Ac. 38:236-249. 1972.
- WALKER, J., MOORE, R. M., ROBERTSON, J.A. Herbage response to tree and shrub thinning in Eucalyptus populnea Shum woodlands. Sust J. Agric. Res. 23 405-10.
- WATSON, A. J. y WILTSE. TORDON...para la destrucción de arbustos en los de vías. Biokemia Dow 2:11-14. 1963.
- YATES, A. Better pastures for the Tropics. Arthur Yates y Co. Pty. Ltd. J. A. Wlaes Pty. Ltd. Australia. 1975.