



FACTORES DE DEGRADACIÓN Y TECNOLOGÍA DE RECUPERACIÓN DE PRADERAS EN LOS LLANOS ORIENTALES DE COLOMBIA

ÁLVARO RINCÓN C.*

Noviembre de 2006
Villavicencio, Meta, Colombia

* I.A. cand. PhD. Investigador CORPOICA C.I. La Libertad, Villavicencio, Meta, Colombia.

Esta segunda edición, debidamente revisada y ampliada por el autor, es posible gracias a los recursos de cofinanciación de la Gobernación del Departamento del Meta y es producto del proyecto “Modelo de aplicación participativa de tecnología pecuaria en tres Núcleos del sistema bovino doble propósito del Departamento del Meta”, código PR08200212, ejecutado por investigadores de CORPOICA C.I. La Libertad en el periodo 2005-2006.

Autor

Rincón C., A.

E.C. A. - BAC	
No. Acceso	
Compra	<input type="checkbox"/>
Canje	
Donación	
Procedimiento	
Deposito legal CORPOICA	
Fecha.	03 FEB 2007 costo 17.000

ISBN: 978-958-8311-15-9

Código Único Interno: 51

Primera edición: Noviembre de 1999

Segunda edición: Octubre de 2006

Villavicencio, Meta, Colombia

Publicación: CORPOICA

Boletín técnico No. 49

Fotografías: Alvaro Rincón Castillo, Sandra Pinzón

Código: 02.02.49.08.32.06

Revisión técnica: Guillermo Bueno G.; Otoniel Pérez López y Jorge Luis Parra A.

Edición: M.V.Z. M.Sc. César Augusto Jaramillo Salazar

Transferencia de Tecnología CORPOICA C.I. La Libertad

Tiraje: 1000 ejemplares

Diseño, armada digital e impresión: Editora Guadalupe Ltda.

CONTENIDO

	Pág.
PRESENTACIÓN	5
INTRODUCCIÓN	7
FACTORES ASOCIADOS A LA DEGRADACIÓN DE PRADERAS	9
Uso de especies no adaptadas a la región	10
Fallas en el establecimiento de la pradera	11
Incompatibilidad entre especies asociadas	13
Plagas	14
• El "Mión" de los pastos	14
• Las hormigas	18
• Grillos	19
• Chinchas	20
• Gusano ejército	20
Baja disponibilidad de nutrientes para los pastos	21
Manejo del pastoreo	23
DETERMINACIÓN DE IMPACTOS E INDICADORES DE LA DEGRADACIÓN DE PRADERAS	24
Alteración de las características físicas de los suelos	24
Disminución en la producción de forraje	28
Invasión de malezas	29
Baja calidad nutritiva del forraje	33
Baja producción animal	33

ESTADOS DE DEGRADACIÓN DE UNA PRADERA	35
TECNOLOGÍAS DE RECUPERACIÓN DE PRADERAS	37
Manejo de la nutrición mineral de los pastos	37
• Tolerancia de los pastos a altas concentraciones de aluminio en el suelo	39
• Tolerancia de los pastos a bajas concentraciones de fósforo (P) en el suelo	40
Fertilización de pastos	41
Labranza y fertilización	46
Introducción de leguminosas	51
Praderas asociadas con leguminosas frente a Praderas fertilizadas con nitrógeno	58
Análisis económico de una recuperación y mantenimiento de praderas. Estudio de caso	63
Renovación de praderas con cultivos	64
• Sistema arroz-pastos para la recuperación de praderas	65
• El cultivo de Maíz en la recuperación de praderas	68
• Establecimiento y recuperación de praderas mediante el sistema soya-pastos	71
BIBLIOGRAFÍA	73

PRESENTACIÓN

En la Orinoquia colombiana, de la cual forman parte los departamentos del Meta, Casanare, Arauca y Vichada, la ganadería es una de las principales actividades económicas de la región, donde se concentra el 25% de la población bovina del país, cuyas actividades productivas están enfocadas a los sistemas de carne en la Altillanura, llano inundable y Piedemonte; mientras que el doble propósito se desarrolla en fincas de pequeños y medianos productores ubicados en la franja cercana a la cordillera oriental.

La base de la alimentación de los bovinos es el forraje de pastoreo, constituyéndose en la forma más económica para la producción de carne y leche. Desde la década de los sesenta, se han introducido a la región especies de pastos más productivos y de mejor calidad que la sabana nativa, lo cual ha permitido aumentar la productividad animal en diez veces. Sin embargo, estas praderas en su mayoría constituidas por *Brachiaria decumbens*, han entrado en un proceso de degradación, manifestado en pérdida de producción de biomasa, compactación del suelo, invasión de malezas y erosión, entre otras, lo cual ha hecho que la producción de carne y leche se reduzca en más de un 50%.

Ante esta situación, que se refleja en un retroceso de los parámetros productivos y reproductivos del animal y un deterioro en aumento de las características físicas y químicas de los suelos, es necesario dar solución a la problemática de degradación de praderas, mediante prácticas de recuperación y manejo que permitan una producción sostenible de forraje de buena calidad.

En este documento se hace una descripción de las principales causas que han contribuido en la pérdida de productividad de las praderas y se presentan alternativas tecnológicas para su recuperación y renovación,

las cuales son producto de la investigación desarrollada por CORPOICA en los Centros de Investigación y de la evaluación en fincas de productores, lo que permitirá hacer más competitiva y rentable la ganadería de la región.

Jaime Triana Restrepo
Director C.I. La Libertad
CORPOICA

INTRODUCCIÓN

Entre las principales causas que influyen en la reducción de la productividad ganadera, se encuentran la baja calidad de las praderas y su progresiva degradación, los cuales alcanzan entre el 50% y 70% de la superficie establecida de pastos en Colombia (Serrano y Toledo, 1990; Botero, 1997; Aidar e Kluthcouski, 2003).

Los sistemas de producción bovinos requieren una visión ecosistémica con base en principios agroecológicos. Esta nueva visión requiere del conocimiento de las interacciones de los componentes que forman el sistema, con el propósito de maximizar el flujo de energía y el reciclaje de materiales. El estudio de la dinámica de los ecosistemas de pastos, y en especial, su capacidad de transformación de energía lumínica y otros sustratos como factores determinantes del crecimiento, ha sido una temática poco estudiada en las regiones tropicales (Alexandre y Cruz, 1992; Del Pozo, 1998).

En los Llanos Orientales de Colombia, la siembra de nuevas especies forrajeras ha contribuido a mejorar la productividad ganadera de la Región, si se tiene en cuenta que en las sabanas de la Altillanura colombiana son necesarias de 5 a 10 hectáreas para sostener un animal con una ganancia de peso de 15 a 25 kg/ha/año, debido a la baja producción y regular calidad de los pastos nativos. En las praderas de *B. decumbens*, con buen manejo se sostienen uno o dos animales por hectárea con ganancias de peso de 250 a 300 kg/ha/año, incremento 10 veces superior con respecto a la sabana nativa.

Actualmente el productor dispone de cinco gramíneas forrajeras del género *Brachiaria* (*B. decumbens* cv amargo, *B. dictyoneura* cv. Llanero, *B. humidicola* cv dulce, *B. brizantha* cv. Marandú, *B. brizantha* cv Toledo) y cuatro leguminosas (*Arachis pintoi* cv. Maní forrajero, *Stylosanthes capitata* cv. Capica, *Pueraria phaseoloides* cv. Kudzú y *Desmodium ovalifolium* cv Maquenque) para establecer praderas solas o asociadas, que con un manejo adecuado sostienen uno o dos animales por hectárea con ganancias de peso de 200 a 500 kg/ha/año (Pérez y Acosta, 1988).

En la Orinoquia colombiana se han sembrado aproximadamente 1.800.000 hectáreas de pastos introducidos, de los cuales un millón están en el Piedemonte llanero, en su mayoría conformadas por el "pasto Amargo" –*B. decumbens*– (URPA, 1997), que han contribuido al desarrollo ganadero de la Región desde el año 1960. Sin embargo, en la actualidad los ganaderos se ven enfrentados a

una disminución progresiva de la productividad de estas praderas, por diversos factores causantes de degradación relacionados con la planta (plagas y enfermedades, malezas, especies no adaptadas), con el suelo (pérdida de fertilidad, compactación por pisoteo, erosión) y con el animal (capacidad de carga, presión de pastoreo, periodo de ocupación y descanso); como consecuencia, los rendimientos de forraje han pasado de 1500 a 350 kg M.S./ha/año, la calidad del forraje de 8 a 5% de proteína cruda (PC) y la ganancia de peso animal de 300 a 110 kg/ha/año.

Existe la creencia que las praderas tropicales están destinadas inevitablemente a degradarse en corto tiempo. Sin embargo, hay casos que confirman lo contrario; se tienen praderas de *B. decumbens*, solas o asociadas, con leguminosas como kudzú o maní forrajero, que producen 200 a 300 kg de peso vivo /ha/año en la Altillanura y 300 a 600 kg/ha año en el Piedemonte llanero, después de 15 años de sembradas (Lascano y Estrada citados por Spain y Gualdron, 1988; Pérez y Acosta, 1998; Rincón, 1992).

Para dar solución al problema de degradación de praderas, se han desarrollado soluciones tecnológicas para recuperación y renovación de praderas con tratamientos mecánicos, fertilización, introducción de leguminosas forrajeras y utilización de cultivos como: maíz, millo, arroz, soya; con resultados importantes en fincas de productores que han permitido mejorar la productividad de carne y/o leche mediante tecnologías de fácil aplicación.

FACTORES ASOCIADOS A LA DEGRADACIÓN DE PRADERAS

La degradación de praderas es una pérdida de la capacidad productiva de forraje que afecta directamente los rendimientos de carne y/o leche de los bovinos. El proceso de degradación se inicia con una pérdida de vigor de las plantas, manifestado por el bajo índice de verdor en las hojas, hojas más angostas y baja capacidad de rebrote o producción de biomasa; como consecuencia se presenta pérdida de cobertura de la especie forrajera dando espacio al desarrollo de otras especies indeseables o dejando suelo descubierto que favorece la compactación por el pisoteo de los animales.

Las praderas cultivadas en los Llanos Orientales se han concentrado en el Piedemonte y en áreas de la Altillanura con alguna infraestructura en vías de comunicación. De los 2 millones de hectáreas del Piedemonte Llanero, se estima que el 50% se encuentra ocupado por *Brachiaria* sp., en tanto que de los 4.2 millones de hectáreas de la Altillanura plana, se calcula en 20% el área en pastos introducidos, los cuales han mejorado en más de 10 veces la productividad animal por hectárea. Sin embargo, estas praderas están siendo afectadas por un proceso de degradación que en el peor de los casos ha disminuido su productividad a valores similares a los de las sabanas. La especie de pasto introducido con mayor área en la Orinoquia colombiana es el *B. decumbens*, con características importantes de adaptación y buena productividad; sin embargo, es la especie más susceptible a la degradación, en comparación con las otras gramíneas establecidas en los Llanos como el *B. humidicola* y el *B. dictyoneura*.

Desde la elección de la especie que se va a sembrar hasta el pastoreo de la pradera, se pueden presentar algunos hechos que determinan su deterioro. Según Spain y Gualdrón (1988), citando a varios autores, los factores que más contribuyen a la degradación de praderas son: falta de adaptación y manejo de las especies sembradas, incompatibilidad entre especies asociadas, plagas y enfermedades, pérdida de la fertilidad del suelo y manejo inadecuado, incluyendo el sobrepastoreo.

En los Llanos Orientales colombianos se ha visto que la principal causa de degradación de las praderas es la limitada nutrición mineral de las plantas a lo cual contribuye la baja fertilidad natural de estos suelos y la falta de fertilización. Esto conlleva a tener una baja producción, regular calidad de los forrajes y pérdida de población de plantas de pasto por sobrepastoreo y por invasión de otras especies. A continuación se hace una descripción de cada uno de estos factores asociados a la degradación de las praderas.

USO DE ESPECIES NO ADAPTADAS A LA REGIÓN

Las especies forrajeras se establecen y desarrollan bien, bajo las condiciones de clima y suelo que cumplan con las exigencias de cada especie. En el proceso de investigación de pastos y forrajes, se seleccionan materiales para diferentes ecosistemas, previa evaluación en los centros de investigación y su posterior validación y ajuste en fincas con pruebas regionales. Las características y propiedades fisicoquímicas de los suelos dedicados a pastos, son factores que deben estar íntimamente ligados al tipo de planta que se va a establecer (Paretas y García, 1988). De igual forma es importante tener en cuenta el comportamiento de la temperatura, precipitación y radiación solar del lugar donde se establecerán las praderas. Generalmente, por desconocimiento de las condiciones adecuadas y exigencias de cada especie, o por falta de semilla de las especies recomendadas, para determinado lugar, se establecen en áreas no aptas para su buen desarrollo, que condiciona la vida útil de la pradera a un tiempo corto.

El género *Brachiaria* contiene cerca de 100 especies distribuidas en los trópicos, principalmente en el África (Keller-Grein et al., 1998). La primera especie de *Brachiaria* que se introdujo a Colombia fue *Brachiaria decumbens*, en el año de 1953.

En Colombia se han adaptado con éxito las especies *Brachiaria decumbens* cultivar (cv) pasto amargo, *Brachiaria dictyoneura* cv pasto llanero, *Brachiaria brizantha* cv marandú, cv la libertad y cv Toledo, *Brachiaria humidicola* cv pasto dulce. Estas especies se desarrollan en suelos con contenidos variables de arena, con alta a baja fertilidad, son resistentes a la quema y todas presentan dormancia en sus semillas.

Estos pastos presentan algunas diferencias en hábito de crecimiento, adaptación y calidad:

- El *B. brizantha* es de crecimiento erecto y exige suelos de mejor calidad para poder llegar a obtener buenas producciones de forraje.

- De todas las especies de *Brachiaria*, el *B. brizantha*, es el de mejor calidad, especialmente en términos de proteína cruda y digestibilidad. El *B. brizantha* cv. Marandú sobresale por ser resistente a la principal plaga de los pastos tropicales: el "mión de los pastos" (*Aeneolamia* sp., *Zulia* sp.), en tanto el pasto Toledo sobresale por su alta producción de biomasa (Valeiro et al., 1998). Sin embargo, el establecimiento de *B. brizantha* cv. Marandú y cv. Toledo, debe hacerse en suelos bien drenados porque las plantas sembradas en áreas con alta saturación temporal de humedad, pueden llegar a ser afectadas por hongos del suelo (*Rhizoctonia* sp., *Fusarium* sp.) que causan pudrición de la raíz, provocando la muerte de las plantas (Valeiro et al., 1998).
- *B. dictyoneura* cv. llanero y *B. humidicola* cv. humidícola también conocido como "pasto dulce", a diferencia de los otros *Brachiarias*, se caracterizan por ser de crecimiento postrado con alta producción de estolones los cuales ejercen buena cobertura del suelo, característica importante para prevenir y reducir la erosión y para mitigar los efectos de compactación por pisoteo del ganado. Sin embargo, esta ventaja limita el uso de asociaciones con leguminosas de crecimiento voluble como kudzú o erecto como *Stylosanthes* sp. Presentan buena asociación con leguminosas con el mismo hábito de crecimiento como *Arachis pintoi* cv. maní forrajero o *Desmodium ovalifolium*.
- El contenido de proteína cruda de *B. humidicola* es inferior a las otras especies de *Brachiaria*, pero es el pasto que se adapta a los suelos más deficientes en nutrientes y es el único que presenta alguna tolerancia a la saturación temporal de humedad. Estos dos pastos son tolerantes al mión o salivazo de los pastos (*Aeneolamia* sp.).
- La especie *B. decumbens* con mayor distribución en América tropical, es una gramínea perenne, con crecimiento semierecto, con tolerancia a la alta saturación de aluminio y a suelos con bajos contenidos de nutrientes especialmente fósforo y calcio (Rao et al., 1998). Su principal limitante es la susceptibilidad al ataque de la plaga "mión de los pastos".

FALLAS EN EL ESTABLECIMIENTO DE LA PRADERA

Es de gran importancia la utilización de pastos adaptados a las condiciones de baja fertilidad de los suelos de la Orinoquia, para lo cual se dispone de gramíneas y leguminosas que toleran la alta saturación de aluminio y la baja disponibilidad de nutrientes. El éxito en obtener praderas productivas y persistentes desde la siembra, depende en gran medida de una buena selección del

sitio, de la especie que mejor se adapte a las características de la finca y del manejo técnico del sistema productivo.

La selección del sitio de siembra es una de las primeras consideraciones a tener en cuenta para el éxito en el establecimiento de praderas. Esto incluye el conocimiento de la historia del lote, las condiciones químicas y físicas de los suelos y el manejo que ha tenido en labranza, fertilización y control de malezas, entre otros aspectos. Cuando se han realizado cultivos en años anteriores pueden presentarse variaciones en la química y en la estructura de los suelos que conllevan a tratamientos de fertilización y de labranza diferentes. Además, en estos lotes que han sido cultivados, es usual una alta y perjudicial emergencia de malezas que dificultan el establecimiento.

Es común encontrar áreas bien drenadas y sitios con problemas de encharcamiento en un mismo lote, condición que determinará un establecimiento irregular de la pradera porque la mayor parte de los pastos exigen suelos bien drenados para obtener una buena germinación y desarrollo. En estas áreas de alta saturación de agua temporal, se puede sembrar *B. humidicola* y cuando es permanente lo mejor es sembrar un pasto que soporte estas condiciones como el Braquiipará o pasto Tanner (*Brachiaria arrecta*).

En los llanos colombianos el establecimiento y manejo de los pastos tradicionalmente se ha realizado en forma convencional, adecuándose a los recursos de maquinaria existentes que generalmente son tractores con más de 20 años de servicio, rastras y voleadoras mecánicas. Esto trae como consecuencia, una deficiente preparación de suelos realizada en su mayoría con rastras que no profundizan a más de 10 cm, hecho que posteriormente limitará el desarrollo de raíces de los pastos y su consecuente baja producción de forraje. La distribución de las semillas en el terreno, en forma manual o con voleadoras mecánicas en mal estado, hacen que la población de las plantas de pasto tengan una distribución irregular con concentración de plantas en unos sitios y baja población en otros.

Una causa importante de fracasos en el establecimiento de pastos es la calidad de la semilla y la densidad de siembra. Una semilla de buena calidad bien sembrada debe germinar en un periodo máximo de 15 días, si no es así, hay deficiencias evidentes en la calidad.

Las semillas de *Brachiaria* se caracterizan por presentar un estado fisiológico llamado "dormancia" que es en el cual, a pesar de tener buenas condiciones para germinar, no lo hace. Por esto las semillas cosechadas se deben dejar en reposo, almacenadas por un periodo que fluctúa entre 6 y 8 meses, dependiendo de la especie de *Brachiaria*. Este hecho se presenta especialmente en

el *B. dictyoneura* cv. llanero cuyas plántulas empiezan a germinar en algunos casos después de 30 o más días de sembradas, presentándose problemas por competencia con las malezas. Muchas veces se cree que la pradera no presentó un buen establecimiento por deficiencia de la semilla. Para estar seguros de la calidad de la semilla es recomendable hacer una prueba de germinación colocando al menos 300 semillas, en surcos de arena o tierra la cual debe permanecer húmeda, con buenas condiciones de luz, preferiblemente en una matera y cuantificando su germinación durante 20 a 30 días.

Sin embargo, hay otros factores que intervienen en el establecimiento como son la buena selección de la especie o las especies que se van a sembrar, la ubicación del lote en donde se va a establecer la nueva pradera, la época de preparación del terreno y siembra, el tipo e intensidad de labranza, la densidad de siembra, las plagas, enfermedades, pájaros y el manejo posterior a la siembra.

INCOMPATIBILIDAD ENTRE ESPECIES ASOCIADAS

Algunas asociaciones de gramínea y leguminosa, que normalmente se establecen en mezclas homogéneas, después de algún tiempo de pastoreo se desestabilizan con dominio de una especie sobre la otra.

En praderas asociadas se ha observado, que gramíneas de crecimiento erecto (*Brizantha* sp., *P. maximum*) o decumbente (*Brachiaria decumbens*) se mezclan bien con las leguminosas volubles como Kudzú, o erectas como *Stylosanthes* sp. Sin embargo, también se obtienen buenas asociaciones con especies de crecimiento postrado como el *Arachis pintoii* cv. maní forrajero, que además del beneficio de la asociación, también hace buena cobertura del suelo.

Gramíneas de crecimiento postrado e invasor como *Brachiaria dictyoneura* y *Brachiaria humidicola* hacen buenas asociaciones con una leguminosa de las mismas características como son el *Desmodium ovalifolium* y el maní forrajero.

En asociaciones de gramíneas y leguminosas, el animal consume leguminosas todo el año independientemente de la calidad de la gramínea. Sin embargo, el grado de selectividad depende en gran medida de la palatabilidad de la leguminosa (Pereira y Lascano, 1990).

Otro factor importante, es la proporción de siembra de cada especie en la asociación. Mezclas de *Desmodium ovalifolium* con *Brachiaria humidicola* o con *Brachiaria dictyoneura* pueden terminar en un monocultivo de la leguminosa, causado entre otros factores, por la utilización de una densidad alta de

semilla en la siembra. En un experimento bajo pastoreo durante tres años se evaluaron las asociaciones de *B. humidicola* con *D. ovalifolium* y *B. dictyoneura* con *D. ovalifolium*, en tres proporciones de siembra de la leguminosa, 40, 50 y 60%; al cabo de los tres años en todos los tratamientos hubo dominio de la leguminosa, especialmente cuando esta se asoció con *B. dictyoneura*. Posteriormente en otro experimento, se determinó que con 20% de *D. ovalifolium* y 80% de gramínea en asociación se mantiene estable durante más de tres años de pastoreo (Rincón, 1992).

En el caso en que la leguminosa desplaza a la gramínea, el problema radica en la baja disponibilidad de biomasa de gramínea para el consumo del ganado y en la baja palatabilidad de la leguminosa. Esto se ha visto especialmente en asociaciones de praderas con leguminosas agresivas como el *D. ovalifolium* cuando están mezcladas con especies menos agresivas como el *B. decumbens*. Teniendo en cuenta las últimas experiencias en el establecimiento de praderas asociadas con *D. ovalifolium*, para la siembra no debe utilizarse más de 300 g/ha de semilla, lo cual se justifica por el alto número de semillas presentes en un kilo (500.000 semillas). Con la siembra de 300 g. potencialmente germinarían 90.000 plántulas/ha con un 60% de germinación.

PLAGAS

• El "Mión" de los pastos

El "mión" o "salivazo" de los pastos (*Aeneolamia* sp., *Zulia* sp.) es una plaga que causa daños considerables en aquellas especies susceptibles como el *Brachiaria decumbens* y se constituye en la principal plaga de los pastos en América Tropical. Es un homóptero, que desarrolla una metamorfosis que pasa por el estado de huevo durante 12 a 18 días, ninfa con cinco instares que tiene una duración de 34 a 57 días y adulto de 8 a 15 días, tiempo durante el cual oviposita en los primeros dos centímetros del suelo (CIAT, 1982).

Los huevos ovipositados a finales de la época lluviosa permanecen en el suelo durante toda la época seca, en estado de diapausa, hasta el inicio de las lluvias del año siguiente, cuando inician su desarrollo para dar origen a la primera generación con la aparición de las ninfas en la base de los tallos del pasto, las cuales se protegen con una saliva que ellas producen; su buen desarrollo se ve favorecido especialmente en aquellas praderas con abundante forraje que ofrecen un microclima de alta humedad relativa. En la Orinoquia las lluvias comienzan en el mes de abril presentándose condiciones adecuadas de humedad para la eclosión de los huevos del insecto, que al cabo de dos meses



Pradera afectada por mión.

de metamorfosis, se tiene la nueva población de adultos, la cual en el mes de junio coloca los huevos de la segunda generación. (CIAT, 1982; Jiménez et al., 2001) Figura 1.

El daño que las ninfas causan a la planta, por la picadura que afecta los haces vasculares, es el amarillamiento foliar y escaso desarrollo del pasto. Sin embargo,

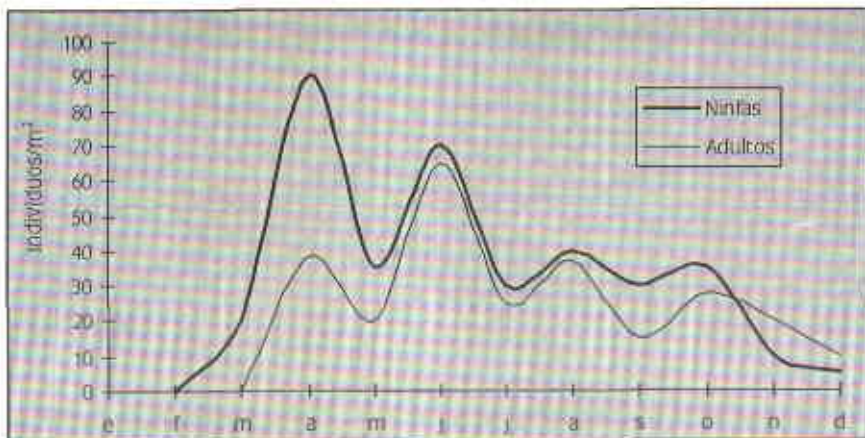


Figura 1. Dinámica de la población de ninfas y adultos del “mión de los pastos” (*Aeneolamia* sp.) en el Piedemonte llanero, 1997.

VIVIENDA Y DESARROLLO URBANO
 UNIVERSIDAD DE LA GUAYANA

los daños más severos son ocasionados por los adultos que provocan secamiento del follaje, por las sustancias cáusticas que el insecto inyecta a la planta en el momento de alimentarse (Vires y pozos 1966 citado por Valeiro et al., 1998).

El estado de ninfa es menos perjudicial que el adulto. En *B. decumbens* estas ninfas causan daños en un 30% con infestaciones bajas (50 ninfas/m²), mientras que en *B. humidicola*, causan daños solamente en poblaciones altas (250 ninfas/m²). Los adultos en *B. humidicola* causan daños a partir de una población de 120 adultos/m² y en *B. decumbens* los daños se presentan a partir de una población de 40 adultos/m². Como consecuencia del ataque de esta plaga, la disponibilidad del forraje se disminuye en más de 50% y la calidad se ve afectada, especialmente en los contenidos de proteína cruda (PC) y degradabilidad (Brito, 1982). Tabla 1.

Tabla 1. Calidad nutricional de hojas de *B. decumbens* en buen estado y afectadas por la plaga mión de los pastos (*Aeneolamia* sp) en el Piedemonte llanero.

Nutriente % en M. S.	<i>B. decumbens</i> afectada por mión	<i>B. decumbens</i> en buen estado
Proteína cruda	5	8
Fibra (FDN)	76	55
Degradabilidad	32	70
Fósforo	0.10	0.17
Potasio	0.40	0.65
Calcio	0.24	0.29
Magnesio	0.15	0.28
Azufre	0.07	0.10

M.S.: Materia seca
Fuente: Rincón, 1999.

Ante esta situación, la productividad animal se reduce notablemente, obligando al productor a desocupar los potreros o resignarse a que los animales pierdan peso en una época de abundantes lluvias. En varias Fincas del Piedemonte llanero, donde predomina el *B. decumbens* se ha comprobado que el ganado presenta mejor producción de carne y/o leche en la época seca, debido al ataque de esta plaga y por alta saturación de humedad de los suelos en la época lluviosa.

El control más económico y efectivo conocido hasta ahora, es la utilización de alto número de animales en el pastoreo cuando se empiezan a observar pequeños sectores amarillos en la pradera, esto permite la entrada

de rayos solares a la base de las plantas, exponiendo las ninfas a la deshidratación. En una pradera de *B. decumbens* del C.I. La Libertad, con una carga de 1.5 an/ha se contabilizaron 50 ninfas por metro cuadrado; esta población disminuyó a 15 ninfas cuando la carga se aumentó a 4 an/ha durante 30 días (CORPOICA, 1998).

El uso de insecticidas químicos no es recomendable por diversos motivos, como son: la contaminación ambiental, el riesgo de intoxicación del ganado que consume el pasto tratado con el insecticida y el costo que implica el tratamiento en grandes áreas. El mión de los pastos tiene algunos enemigos naturales como son la larva de la mosca *Salpingogaster nigra* y el hongo *Metarhizium anisopliae* (Valeiro y Werner, 1995; CIAT, 1982, Lapointe y Ferrufino, 1988), cuyo desarrollo depende de las condiciones ambientales. El control Biológico es una alternativa que requiere de mayor estudio y dedicación.

Trabajos realizados en el Brasil por Valeiro y Werner, (1995), para controlar esta plaga, recomiendan la quema controlada después de las primeras lluvias en áreas que sean reconocidas por altas infestaciones en años anteriores. Con esta práctica se reducen los niveles de población del mión de los pastos que originan la primera población; el calor producido en la quema afecta la viabilidad de los huevos próximos a eclosionar.

Una recomendación importante para reducir pérdidas por esta plaga, es la siembra de varios pastos en la finca. Se tienen especies tolerantes como el *B. dictyoneura* y el *B. humidicola* y especies resistentes como el *B. brizantha* cv. Marandú. El establecimiento de praderas asociadas de gramíneas y leguminosas aumentan la heterogeneidad del ecosistema y favorecen una más amplia diversidad de especies de insectos y un mayor grado de equilibrio biológico natural (CIAT, 1982).

La resistencia de la planta hospedante al mión de los pastos, como la que se encuentra en el *Brachiaria brizantha* cv. Marandú, puede ser el único método sostenible para controlar un insecto plaga que está diseminado en millones de hectáreas de gramíneas de América tropical. Es conocido el efecto de antibiosis de esta gramínea sobre las ninfas del mión de los pastos, porque la planta produce una sustancia que le causa la muerte al insecto que chupa su savia (Valeiro et al., 1998, Lapointe y Ferrufino, 1988).

El desarrollo de híbridos de *Brachiaria* con resistencia a esta plaga, se fundamenta en el descubrimiento inicial de la resistencia antibiótica a *Aeneolamia varia*, en los años ochenta, seguido del desarrollo de nuevas técnicas de selección altamente confiables a finales de los años noventa. Estas técnicas seleccionan con respecto a la resistencia de la planta hospedante en grandes poblaciones segregantes, en condiciones de invernadero y de campo. Ya se

han logrado avances sustanciales en el desarrollo de híbridos de *Brachiaria* con resistencia a especies de mión de los pastos como: *A. varia*, *A. reducta*, *Zulia carbonaria*, *Z. pubescens* y *Mahanarva trifissa* (CIAT, 1999).

Los estudios se fundamentan en el conocimiento de los mecanismos de resistencia a estas especies y en el desarrollo de híbridos que combinen la resistencia a tantas especies de mión de los pastos como sea posible, mientras se conservan la alta calidad y la adaptabilidad a condiciones de suelo ácido. Se han realizado cruces entre varias especies de *Brachiaria* en busca de la incorporación del gen de resistencia al ataque de esta plaga que posee *B. brizantha* cv. Marandú. Los resultados de la evaluación en invernadero de 65 accesiones de *Brachiaria* de la colección del CIAT, dieron lugar a la selección de siete accesiones con resistencia al mión de los pastos (Miles y do Valle, 1998).

• *Las hormigas*

En la Altillanura colombiana existe alta población de hormigas (*Atta* y *Acromyrmex*) que se constituyen en uno de los insectos plaga limitantes para el establecimiento y persistencia de las praderas. Se conocen como hormigas arrieras, viven bajo el suelo, en colonias conformadas por cientos de miles de individuos; cada hormiguero se compone de varias cámaras que utiliza para cría, para cultivo de hongos y para almacenamiento. Se alimentan de un hongo



Hormiguero de *Atta* sp.

que cultivan en el material vegetal que cortan y lo depositan en el hormiguero. Estos hormigueros no se encuentran uniformemente distribuidos en los potreros y tienden a concentrarse en aquellas áreas que no están sujetas a inundación o a nivel freático alto (Calderón y Varela, 1982).

La ubicación de los hormigueros de *Atta sp.* se facilita por la gran acumulación de gránulos de tierra que ésta hace en la entrada de ellos y por la fila que las hormigas hacen cuando transportan el material vegetal. En cambio la hormiga *Acromyrmex* dificulta su control, porque en la entrada al hormiguero solo hace una pequeña torre formada con residuos de tallos u hojas secas; además transportan el material vegetal al hormiguero en forma independiente, dificultando así su ubicación.

Se han reportado densidades entre 188 y 1.347 hormigueros de *Acromyrmex landolti* por hectárea en sabana nativa durante la estación seca. La pérdida en el establecimiento de gramíneas susceptibles como *Andropogon gayanus* o *B. dictyoneura*, se podría evitar con base en las estimaciones de densidad de hormigueros en sabana y en el conocimiento de la relación entre densidad y el daño a las plántulas. Se considera que para establecer una población de *Andropogon gayanus* de una planta por metro cuadrado (10.000 planta/ha), la densidad crítica sería de 780 hormigueros/ha. Si el establecimiento requerido fuera de 2 plantas/m² (20.000 plantas/ha), la densidad crítica sería de 300 hormigueros/ha. Esta información permite al ganadero realizar un control químico cuando la infestación de hormigueros es superior a la densidad crítica o sembrar una especie más resistente como *Brachiaria humidicola* (CIAT, 1990).

La hormiga es la plaga más limitante en el establecimiento de praderas. En etapas posteriores, en gramíneas se han observado ataques severos de *Acromyrmex landolti*, especialmente en estado de plántula; siembras extensas de *B. dictyoneura* han desaparecido en los primeros días después de la emergencia, por el corte a ras de suelo que esta hormiga hace a las plántulas que mueren porque no tienen capacidad de rebrote. Los ataques más fuertes se han observado en *Andropogon gayanus*, tanto en plántulas como en plantas adultas. En leguminosas como Maní forrajero, el daño lo causa la hormiga arriera (*Atta sp.*).

• Grillos

El grillo o langosta (*Rhammatocerus schistocercoides*) ha causado graves daños a praderas recién establecidas de *B. dictyoneura* o *B. humidicola*. La abundante población de esta plaga que apareció en el año 1995 en los Llanos de Colombia, causó gran preocupación a agricultores y ganaderos por daños en cultivos como arroz, maíz, sorgo y pastos, que incluyen principalmente a la sabana nativa.

El ciclo de vida del grillo pasa por tres estados de desarrollo: huevo con una duración de un mes, al comienzo de lluvias (marzo-abril); ninfa que pasa por cinco instares en un tiempo de cinco meses (abril-septiembre) y adulto con un tiempo de seis meses (septiembre- marzo). El control más efectivo de esta plaga ha sido en estado de ninfa, fumigando los focos con insecticidas de baja toxicidad (León, 1996).

• *Chinches*

En algunas localidades del Piedemonte, como la mesa de San Pedro de Villanueva, Casanare, se han presentado ataques severos del chinche hediondo o Mapuro (*Scaptocoris minor*), en praderas de *B. decumbens* y *B. brizantha* cv. La Libertad. El daño se manifiesta con secamiento del forraje en sectores de la pradera, reduciendo en un 60% su disponibilidad (Navas, 1994).

En una evaluación de la población del mapuro en pastos, realizada por Navas (1994), concluyó que el mayor número de ninfas y adultos en las gramíneas *B. decumbens*, *B. brizantha*, *B. dictyoneura* y *B. humidicola*, se localizó en los primeros 30 cm bajo el suelo; *B. brizantha* presentó la mayor población del insecto, seguida por *B. decumbens*, *B. humidicola* y *B. Dictyoneura*. La mayor población de ninfas se presentó en los meses de febrero, abril y mayo, y la mayor población de adultos en marzo, mayo, junio, julio y agosto. Plantea que un posible control de ninfas puede ser por medio de labranza en febrero, marzo o abril y un posible control de adultos sería con trampas de luz en junio, julio o agosto.

• *Gusano ejército*

Las larvas de lepidópteros o mariposas son plagas esporádicas que pueden consumir alta cantidad de forraje por el gran número de larvas constituyéndose en "gusano ejército". El *Mocis latipes* es conocido como "falso medidor" que en poblaciones bajas no es importante, pero puede irrumpir como plaga en condiciones climáticas favorables que se presentan después de una época seca severa, seguida por lluvias cortas y escalonadas. Las larvas consumen la lámina foliar dejando solamente la nervadura central. Es un insecto de hábito nocturno que inicia su ataque a partir de la puesta del sol, con daños de importancia económica. Se han cuantificado pérdidas de 4 t/ha de biomasa foliar con una densidad poblacional de 300 larvas/m² (Barrientos y Miret, 1979 citados por Lapointe y Ferrufino, 1988).

Para un control oportuno y menos costoso con insecticidas biológicos como el Dipel[®], es necesario detectar los focos iniciales y así evitar la migración y aumento de población de larvas. Otros controles biológicos se pueden hacer

con las avispas *Polistes* sp. y los hongos patógenos *Nomuraea rileyi*, *Beauveria bassiana*, *Metarrhizium anisopliae*, (Lapointe y Ferrufino, 1988).

BAJA DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES PARA LOS PASTOS

Las especies introducidas de gramíneas y leguminosas en la Orinoquia colombiana, se adaptan a las condiciones de suelos ácidos, con alta saturación de aluminio (mayor de 70%) y bajos en nutrientes (fósforo, calcio, magnesio, potasio, nitrógeno, azufre). Bajo estas condiciones, la calidad y productividad de los pastos es baja, lo mismo que la producción del ganado.

Debido a los costos de los fertilizantes, los cuales se ven incrementados por el transporte desde los centros de comercialización hasta las fincas, la investigación en un comienzo hizo énfasis en la estrategia de "los mínimos insumos", que se enfocó principalmente en la selección de especies con alta tolerancia a la acidez y eficiencia en la utilización de nutrimentos, especialmente fósforo, los cuales se encuentran en estos suelos en forma poco aprovechable o en cantidades relativamente pequeñas (Ayarza, 1988). Es notable el progreso que se ha obtenido en este proceso de selección, pero aún las especies de plantas más eficientes y adaptadas a nuestras condiciones requieren una fertilización adecuada para su establecimiento y mantenimiento (Hammond *et al.*, 1982).

La falta de fertilización de mantenimiento es la principal causa de la degradación de praderas en los Llanos Orientales de Colombia. Praderas bien nutridas siempre tendrán buena cobertura, alta producción y calidad de forraje, aguantarán más el ataque de plagas y enfermedades y soportarán mayor número de animales. El productor ha aplicado la "filosofía de los mínimos insumos" para el establecimiento de los pastos, y "sin insumos" en el mantenimiento de las praderas. Como es obvio, bajo estas condiciones, la productividad animal siempre irá en orden descendente. Si se quiere mejorar la productividad y competitividad en la producción ganadera de esta región, uno de los componentes tecnológicos fundamentales es la fertilización de las praderas en forma adecuada de acuerdo a las deficiencias nutricionales, la que debe estar respaldada con el análisis de suelos.

En praderas de gramíneas solas, la principal causa de degradación es la deficiencia de nitrógeno disponible en el suelo (Robbins, *et al.*, 1986) que se manifiesta en la planta con clorosis o amarillamiento foliar y escaso vigor. Cuando existe una disponibilidad adecuada de nitrógeno para mantener las plantas vigorosas y productivas, la limitación por fósforo sería poco frecuente, debido a la capacidad de las praderas de acumularlo en la fitomasa lo que permite un reciclaje muy eficiente del elemento (Spain y Salinas, 1985).



Deficiencias en kudzú en *B. decumbens*.



Baja cobertura de *B. decumbens* en la Altillanura.

MANEJO DEL PASTOREO

El pastoreo en praderas de gramíneas introducidas o en asociaciones de gramínea-leguminosa, debe estar de acuerdo con la disponibilidad del forraje y con la proporción de los componentes de la asociación. Se presenta deterioro de las praderas por sobrepastoreo al utilizar cargas muy altas o por falta de un descanso de la pradera que permita la producción suficiente del nuevo material vegetal.

A medida que se incrementa la frecuencia e intensidad de defoliación, la acumulación de materia seca se reduce debido a una disminución en la intercepción de la luz por los tejidos fotosintéticamente activos, agotamiento de los nutrientes de reserva, reducción en la absorción de nutrientes, agua y remoción de los tejidos meristemáticos apicales. La susceptibilidad de las plantas forrajeras a la defoliación está determinada por la posición de los puntos de crecimiento; las plantas con crecimiento estolonífero o rizomatoso como *B. humidicola*, *B. dictyoneura*, Maní forrajero o *D. ovalifolium*, toleran defoliaciones frecuentes e intensas, especialmente porque acumulan reservas orgánicas en sitios donde no son alcanzadas por el rumiante (Cuesta, 1995).

El sobrepastoreo trae como consecuencia la invasión de plantas indeseables que colonizan áreas antes ocupadas por los pastos y disminución de la cobertura de los suelos que favorece la compactación por el pisoteo del ganado. Las especies como *Brachiaria humidicola* y *Brachiaria dictyoneura* cubren totalmente el suelo y tienen bien protegidos los puntos de crecimiento, por lo tanto toleran cargas altas (3 an/ha), pero otras especies como *Brachiaria decumbens* requieren cargas más bajas (1.5-2.0 an/ha).

También se presenta deterioro de las praderas por subpastoreo o utilización de bajo número de animales; esto ocasiona acumulación de biomasa que sufre un proceso de sobremaduración (lignificación) y pérdida de calidad de los forrajes, especialmente en términos de proteína y digestibilidad que afectan el consumo por el animal. De igual forma, cuando el número de animales no es suficiente para que realice un pastoreo uniforme en la pradera, aparecen "parches" o sectores en el potrero sobrepastoreados debido a que el animal siempre estará consumiendo el rebrote hasta agotar las reservas del pasto en estos sectores; mientras que en otros sectores del mismo lote el animal no los consume por tener un forraje sobremaduro y de baja palatabilidad.

DETERMINACIÓN DE IMPACTOS E INDICADORES DE LA DEGRADACIÓN DE PRADERAS

La pérdida de la productividad de las praderas de *B. decumbens* en los Llanos Orientales de Colombia es un problema que aumenta con el paso del tiempo, causando deterioro en las características físicas de los suelos, baja producción y calidad de forraje que influye directamente en la baja productividad animal y poca rentabilidad de la actividad ganadera.

El efecto de la degradación de praderas tienen su impacto en los tres componentes del sistema ganadero: suelo, planta, animal y se relacionan entre sí, Figura 2. La baja fertilidad y compactación de los suelos trae como consecuencia una baja productividad de forraje, que por ser la principal fuente de alimentación de los bovinos afecta la productividad animal. De igual forma las causas de estos efectos negativos en el sistema productivo se relacionan entre sí porque al presentarse déficit de minerales en el suelo, por la baja fertilidad natural de estos y por la falta de fertilización de establecimiento y mantenimiento de praderas, hacen que la disponibilidad y calidad del forraje sea baja, provocando un sobrepastoreo y pérdida en las ganancias de peso o producción de leche de los bovinos; además, la pérdida de cobertura ocasionada por la desaparición de las plantas de pasto, contribuye a la compactación de los suelos por pisoteo y/o invasión de malezas. A la baja fertilidad de los suelos contribuye la extracción de minerales que hace el animal y salen del sistema en la carne y leche, aunque es conocido que el 80% de los minerales extraídos por los animales retornan al suelo vía excretas; sin embargo, estos son mal distribuidos en la pradera (Dubeaux et al., 2004).

ALTERACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS SUELOS

El efecto del pisoteo del animal en la compactación del suelo, es otra causa importante en la disminución de la productividad de la pradera. La compactación es el producto de la pérdida de los espacios porosos en el suelo debido a una

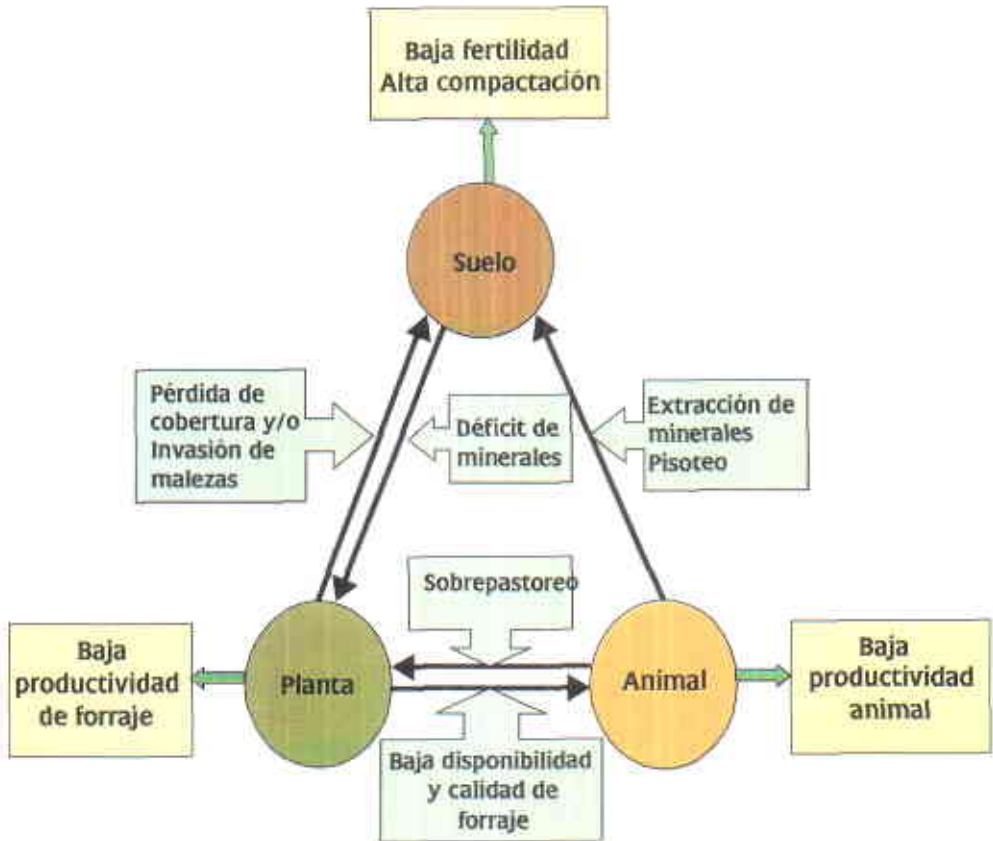


Figura 2. Principales causas de degradación y relaciones en los componentes del sistema suelo, planta animal y sus impactos en la productividad del sistema ganadero.

fuerte presión externa. Los espacios porosos son los lugares donde se almacena aire y agua en el suelo; si estos espacios se reducen o eliminan por sobrepresiones, el suelo pierde así la propiedad de brindar condiciones óptimas para el desarrollo radicular de las plantas y se torna en improductivo.

Ospina (1997) evaluó la presión ejercida sobre el suelo por el hombre, ganado y tractor y demostró que el ganado es quien más presión ejerce, con un valor de 1.15 kg/cm^2 . Valor relativamente alto si se compara con la presión ejercida por el hombre y el tractor, que es de solo 0.17 y 0.53 kg/cm^2 , respectivamente. Aunque el tractor pesa casi seis veces que el animal, su área de contacto con el suelo es mayor, lo que permite hacer una menor presión por una mejor distribución del peso. El animal, en cambio, sostiene su peso sobre una área reducida, originando mayores presiones sobre el suelo. Tabla 2.

Tabla 2. Comparación de la presión ejercida sobre el suelo por el hombre, ganado y tractor.

Indicador	Hombre	Ganado	Tractor
Peso (kg)	70	450	2700
Área de contacto con el suelo (cm ²)	450	390	5074
Presión ejercida: (Peso/Área) Kg/cm ²	0.17	1.15	0.53

Fuente: Adaptado de Ospina, J. C. 1997.

Como consecuencia del escaso vigor y desaparición de las plantas forrajeras por diversas causas, como la utilización de especies no adaptadas, presencia de plagas, falta de fertilización o sobrepastoreo, aparecen en la pradera áreas descubiertas que son más susceptibles a la compactación por pisoteo del animal, afectando las características físicas del suelo, impidiendo el normal desarrollo radicular por reducción del espacio poroso, deficiencia de oxígeno, disminución de la infiltración y aumento de la escorrentía que favorece la erosión (Pinzón y Amézquita, 1987; Spain y Gualdrón 1985; CIAT, 1990). La estructura blocosa, prismática o columnar evoluciona a estructura laminar, favoreciendo la disminución de la infiltración y el aumento de la escorrentía que incrementa la erosión de los suelos.

Martínez y Zinck (1994), en suelos de la Amazonia, estudiaron los factores y procesos de degradación de los suelos. Determinaron que la estructura blocosa que predomina en el bosque, sufre un proceso dinámico cuando este es reemplazado por praderas; en praderas menores de tres años, el



Pradera en sobrepastoreo.

desarrollo de la estructura laminar es incipiente, pero cuando tienen más de 10 años la estructura laminar está bien definida, ocasionando drástica disminución del agua infiltrada en estos potreros; confirmando los resultados obtenidos por Pinzón y Amézquita (1987).

En evaluaciones realizadas en fincas de la Altillanura colombiana, se ha encontrado que en los primeros 10 cm de profundidad del suelo la densidad aparente es de 1.6 g/cc, valor superior al de un suelo normal que es de 1.3 g/cc. La densidad real es de 2.5 g/cc y como resultado de los anteriores valores la porosidad es de 38%. Sin embargo, a mayor profundidad (10 a 20 cm) el problema de compactación es menor demostrado por una porosidad del 45%. (Rincón, 1999).

En algunas fincas del Piedemonte llanero la densidad aparente es de 1.42 g/cc en los primeros 10 cm, en tanto a mayor profundidad es de 1.46 g/cc. La densidad real es mayor en el Piedemonte con respecto a la Altillanura y la porosidad resultó ser igual en las dos localidades a la profundidad de 10 a 20 cm. Tabla 3. Las diferencias entre las dos localidades se presentaron en los primeros 10 cm del suelo, porque en el Piedemonte llanero la densidad aparente fue menor y la porosidad mayor, indicando menor compactación que en los suelos de la Altillanura.

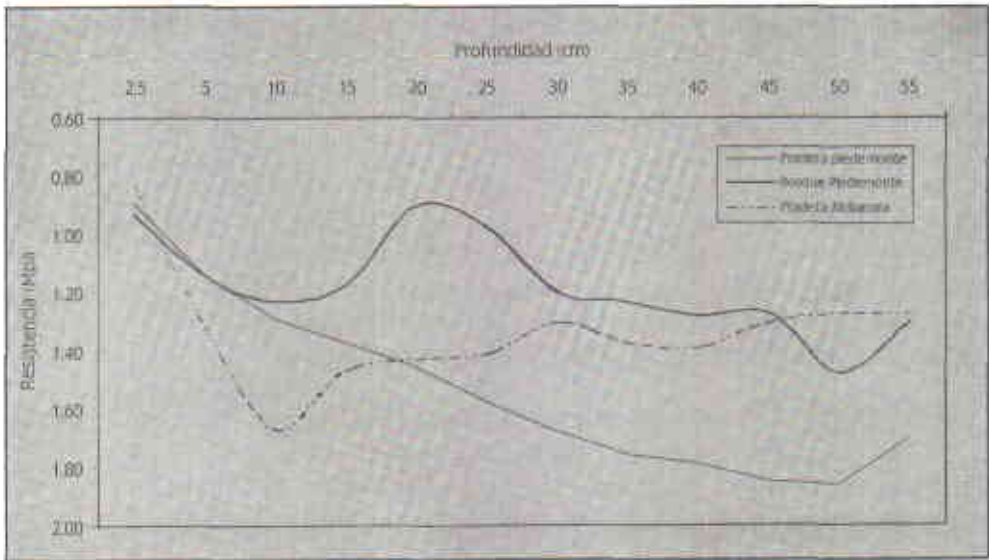
Esto puede ser explicado porque en las praderas degradadas del Piedemonte se presenta una cobertura total del suelo con la grama nativa *Homolepis aturensis*, que protege al suelo de las pisadas del animal, mientras que en la Altillanura las praderas degradadas pierden cobertura dejando suelo descubierto expuesto a la compactación por el ganado.

Otra forma de determinar la compactación del suelo es por medio de un penetrómetro que mide la resistencia a la penetración en el suelo. La información que genera este equipo está dada en megapascales (Mpa) (1 Mpa equivale a una presión de 10 kg/cm²). Valores inferiores a 1.2 Mpa representan condiciones aceptables para el desarrollo de las raíces y con una resistencia a la penetración mayor de 2.5 Mpa no hay crecimiento de raíces. En la Figura 3,

Tabla 3. Características físicas de los suelos de una pradera degradada de *B. decumbens* en la Altillanura colombiana y Piedemonte llanero.

Indicador	Altillanura		Piedemonte	
	0-10	10-20	0-10	10-20
Profundidad (cm)				
Densidad aparente (g/cc)	1.60	1.47	1.42	1.46
Densidad real (g/cc)	2.51	2.57	2.67	2.71
Porosidad (%)	38	45	48	45

Fuente: Rincón, 1999.



Fuente: Rincón, 1999.

Figura 3. Resistencia a la penetración en suelos de fincas del sistema bovino doble propósito del Piedemonte (municipio de Cumaral) y de la Altillanura plana del departamento del Meta.

se presentan los resultados obtenidos de evaluaciones en un bosque nativo sin intervenir del Piedemonte, donde se puede apreciar que la resistencia a la penetración en los primeros 30 cm de profundidad no fue mayor de 1.2 Mpa, en tanto en la pradera de *B. decumbens* y grama amarga de esta misma localidad, la resistencia a la penetración fue en aumento a medida que se profundizaba en el suelo. Sin embargo, en los primeros 20 cm donde se desarrolla el 90% del sistema radicular de los pastos, el valor fue de 1.4 Mpa que presenta alguna limitación para un buen desarrollo de raíces. En la Altillanura plana, la mayor resistencia a la penetración se presentó en los primeros 10 cm de profundidad con un valor de 1.7 Mpa, corroborando la alta compactación de los suelos representada por la alta densidad aparente en los primeros centímetros del perfil del suelo, contribuyendo a la baja productividad de los pastos por escaso desarrollo de raíces.

DISMINUCIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE

Durante la época de lluvias la disponibilidad de forraje, en algunas praderas degradadas en la Altillanura y en el Piedemonte llanero, ha estado entre 600 y 650 kg MS /ha, la cual se reduce a un promedio de 400 kgMS/ha en la época

seca. De acuerdo a esto, la disponibilidad de forraje para los bovinos en las praderas degradadas se reduce en más de 50%, considerando que las praderas en buen estado producen entre 1200 y 1500 kg/MS/ha, con un periodo de descanso entre 30 y 45 días en la época lluviosa y entre 800 y 900 kg/MS/ha en la época seca.

La composición botánica en praderas de la Altillanura correspondió a un 65 y 60% de *B. decumbens* para las épocas lluviosa y seca respectivamente; en tanto en las gramas nativas la proporción fue de 30 y 35% en las mismas épocas y en menor proporción se encontraron especies de hoja ancha con un 5%. En Fincas de doble propósito del Piedemonte del Meta se encontró en las praderas degradadas una menor proporción de *B. decumbens* y un dominio de la grama *Homolepis aturensis*, con valores entre 65 y 70%. Tabla 4.

El dominio de la grama amarga en el Piedemonte llanero proporciona una menor disponibilidad de forraje, pero por su crecimiento postrado e invasor evita que el suelo esté descubierto. En general, en las praderas del Piedemonte llanero se ha observado una cobertura superior al 90%, condición que ayuda a reducir la compactación superficial de los suelos por pisoteo del ganado; mientras que en la Altillanura, son mayores los problemas de compactación porque la proporción de suelo descubierto es de 40 a 50%.

INVASIÓN DE MALEZAS

Las malezas, en praderas establecidas, compiten con las especies forrajeras por espacio, luz, agua y nutrientes; además, pueden causar intoxicación a los

Tabla 4. Disponibilidad de forraje y composición botánica de una pradera de *B. decumbens* degradada en la Altillanura plana y en el Piedemonte llanero.

Indicador	Altillanura		Piedemonte	
	Época lluviosa	Época seca	Época lluviosa	Época seca
Disponibilidad de forraje (kg, MS/ha)	600	350	650	440
Cobertura (%)	60	50	100	95
Composición botánica (%):				
• <i>B. decumbens</i>	65	60	35	25
• Gramas nativas	30	35	65	70
• Especies de hoja ancha	5	5	10	5

Fuente: Rincón, 1999.

animales o daños físicos. Las malezas tóxicas cuando son ingeridas por los animales en cantidades apreciables, producen alteraciones en su metabolismo, abortos, hipotiroidismo, fotosensibilización, alteraciones neuromusculares e incluso la muerte; hay malezas que transmiten olores a la leche y otras que producen en los animales deficiencia de tiamina. Algunas malezas cuando son fumigadas para su control con productos hormonales, mejoran su sabor y provocan la acumulación de nitratos y nitritos en concentraciones tóxicas para el ganado (Doll et al., 1989). En la Tabla 5 se presentan las malezas de hoja angosta y de hoja ancha de mayor presencia y frecuencia en las praderas de los Llanos Orientales de Colombia, y su contenido de algunos principios tóxicos.

La invasión de malezas se presenta con mayor frecuencia durante el establecimiento o renovación de las praderas, ocasionando aumento de los costos por su control y por demora en el sitio de pastoreo. En praderas de gramíneas, el control de malezas de hoja ancha se puede hacer con herbicidas hormonales (2-4D, 2-4T, Picloram dicamba). En praderas asociadas de gramíneas y leguminosas no se pueden utilizar herbicidas por lo tanto el control de malezas debe hacerse en forma manual o mecánica.

Los problemas más serios de malezas en el establecimiento de pastos, se encuentran en terrenos con larga tradición de cultivos y donde ha habido prácticas deficientes de control (Doll et al., 1989). La densidad de malezas influye

Tabla 5. Principales malezas que predominan en las praderas de los Llanos Orientales de Colombia, y su principio tóxico.

Nombre común	Nombre científico	Principio tóxico	Fuente
Matiega	<i>Paspalum virgatum</i>	Nitratos	Doll y otros, 1989
Rabo de zorro	<i>Andropogon bicornis</i>	Nitratos	Doll y otros, 1989
Paja comino	<i>Homolepis aturensis</i>	G. cianogénicos	Torres, J. 1984
Batatillas	<i>Ipomoea</i> spp.	Nitratos	Doll y otros, 1989
Helecho	<i>Pteridium</i> sp.	Oxalato	Doll y otros, 1989
Dormidera	<i>Mimosa pudica</i>	Alcaloides, mimosina	Torres, J. 1984
Verbena	<i>Heliotropium indicum</i>	Pigmentos fotodinámicos	Torres, J. 1984
Chillinchil	<i>Cassia tora</i>	Alcaloides	Torres, J. 1984
Cascabelito, crotalaria	<i>Crotalaria pallida</i>	Alcaloides	Vargas y otros, 1998
Mortino	<i>Clidemia</i> sp.	No identificado	Doll y otros, 1989
Venturosa	<i>Lantana camara</i>	Nitratos, sustancias sensibilizantes	Doll y otros, 1989
Caracaró	<i>Enterolobium cyclocarpe</i>	Glucósidos cardiotónicos	Velásquez y otros, 2000
Barbasco, bejuco	<i>Mandevilla</i> sp.	Glucósidos cardiotónicos	Velásquez y otros, 2000

directamente en la productividad de la pradera, y su presencia está relacionada con factores de manejo en el establecimiento y en el pastoreo.

En los suelos de las sabanas, dominan las gramíneas nativas como *Trachipogon vestitus*, *Leptocoryphium lanatum*, *Andropogon selloanus*, *Axonopus purpusi* y otras, las cuales interactúan en un delicado balance que puede alterarse con la quema, labranza, aplicación de enmiendas y fertilizantes; estas especies pierden agresividad y son reemplazadas por gramíneas más agresivas de bajo consumo por los rumiantes, como es la especie conocida como paja tigre o paja peluda (*Panicum rudgei*), que ha invadido grandes extensiones con dominio total en la composición botánica de las sabanas (Argel y Veiga, 1988). Esta especie nativa tiene atributos que favorecen su expansión como es la alta producción de semilla, buena capacidad de recuperación después de la quema y bajo consumo por el ganado.

Entre los factores, más importantes, que favorecen la invasión de malezas en las praderas, están la siembra de pastos no adaptados a la región, la falta de fertilización, el sobrepastoreo, el movimiento incontrolado de animales entre regiones y aún entre sitios de la misma finca (Doll et al., 1989). Los animales pueden diseminar semillas viables que pasan por su tracto digestivo y salen en las excretas.



Pérdida de cobertura vegetal en pradera degradada

BIBLIOTECA
INSTITUTO
AGROPECUARIO

En el Piedemonte llanero y en la Altillanura, una de las principales malezas que invaden a las praderas de *B. decumbens*, en proceso de degradación, es la paja amarga (*Homolepis aturensis*), también conocida como "guaduilla" o "paja comino". Esta es una gramínea nativa que, además, abunda en el piedemonte Caqueteño, tiene un crecimiento estolonífero e invasor que va desalojando a *B. decumbens* especialmente cuando este es sobrepastoreado o atacado por el mión de los pastos (*Aeneolamia* sp), llegando a dominar la pradera. La otra maleza de común ocurrencia en las praderas es la dormidera (*Mimosa pudica*), que aunque es una leguminosa, la presencia de espinas causa daño físico, especialmente a las vacas, y por el mismo hecho es poco consumida por el ganado. La alta infestación se localiza especialmente en áreas que antes estuvieron cultivadas y en aquellas praderas que son mecanizadas; su alta producción de semilla asegura su supervivencia a través del tiempo.

Estas malezas, aunque tienen un contenido de proteína y de algunos minerales superior a los encontrados en *B. decumbens*, como la dormidera (*Mimosa pudica*), que por ser leguminosa ha presentado contenidos de proteína de 16%, sin embargo la degradabilidad es inferior al 50%. Tabla 6.

Tabla 6. Análisis de calidad de dos de las principales malezas que predominan en praderas degradadas, comparado con la calidad del *B. decumbens* del Piedemonte llanero.

Elemento	Dormidera (<i>Mimosa pudica</i>)	Paja Comino (<i>Homolepis aturensis</i>)	<i>Bracharia decumbens</i>
Proteína cruda (%)	16	10	7
Fibra (FDN) (%)	40	72	57
Digestibilidad (%)	45	42	68
Fósforo (%)	0.14	0.17	0.12
Potasio (%)	0.62	1.39	0.61
Calcio (%)	0.53	0.22	0.32
Magnesio (%)	0.15	0.25	0.31
Azufre (%)	0.15	0.15	0.10
Manganeso (ppm)	294	465	114
Zinc (ppm)	20	58	27
Cobre (ppm)	8	9	8
Hierro (ppm)	103	151	63
Boro (ppm)	8	4	6

Estos contenidos pueden variar de acuerdo a las condiciones de fertilidad de los suelos donde estas especies hacen presencia. Sin embargo, haciendo a un lado la calidad, la principal limitante es su baja disponibilidad de forraje y las barreras físicas que presentan para su consumo, como es el caso de la dormidera.

BAJA CALIDAD NUTRITIVA DEL FORRAJE

Otro factor que influye en la baja productividad de los animales que pastorean praderas degradadas, es la baja calidad nutritiva de estas. En la Tabla 7 se compara la calidad del forraje de *B. decumbens* degradado y *B. decumbens* bien manejado que incluye fertilización anual con 100 kg de roca fosfórica, 100 kg de cal dolomítica, 50 kg de cloruro de potasio y 50 kg de urea por hectárea. En la pradera de *B. decumbens* degradado se tienen valores bajos de proteína cruda (6%) y los minerales fósforo y calcio no llenan los requerimientos de ganado de ceba. En el *B. decumbens* con buen manejo, el contenido de proteína fue de 8.5% y todos los minerales presentaron buen incremento especialmente el potasio, calcio y magnesio con una disponibilidad en el forraje de 1.40%, 0.31% y 0.20% respectivamente. Otro aspecto a tener en cuenta es que los animales consumen un forraje de mayor degradabilidad y como consecuencia de un menor contenido de fibra.

BAJA PRODUCCIÓN ANIMAL

Con base en la información obtenida durante varios años en fincas de los Llanos Orientales de Colombia, se han determinado algunos indicadores de productividad del forraje y de los bovinos, en praderas de *B. decumbens*

Tabla 7. Comparación del valor nutritivo de una pradera de *B. decumbens* degradado y una con buen manejo en la Altillanura plana.

Elemento	<i>B. decumbens</i> degradado	<i>B. decumbens</i> con buen manejo	Requerimientos de minerales *
Proteína cruda	6.0	8.5	
FDN	68.3	57.5	
Degradabilidad	61.3	74.9	
Fósforo	0.13	0.20	0.23
Potasio	0.75	1.40	0.60
Calcio	0.18	0.31	0.30
Magnesio	0.12	0.20	0.10

Fuente: Rincón 1999.

*NRC (National Research Council) 1985. Requerimientos de minerales para ganado de ceba.

bien manejado y *B. decumbens* degradado, que permiten apreciar lo ineficiente que puede llegar a ser la actividad ganadera en praderas degradadas. Tabla 8.

Se aprecia claramente la reducción de producción y calidad de forraje en más del 100% en la pradera degradada con respecto a la bien manejada; como consecuencia de esto, las ganancias de peso animal fueron afectadas con reducción en la producción animal (200 a 300 g/an/día) y por área (90 a 150 kg/ha/año), y el periodo de ceba que debe estar entre 16 y 20 meses se aumenta entre 27 y 41 meses.

La producción de leche en vacas del sistema doble propósito, con una lactancia de 240 días en las praderas con manejo tradicional, que se caracterizan por tener altos contenidos de grama amarga, es de 4 l/vaca/día (Parrá, 2004) y la carga animal fluctúa entre 0.6 y 1 U.A/ha, dependiendo del grado de degradación de la pradera (1 U.A equivale a un peso vivo de 400 kg), donde se obtienen entre 576 y 960 litros de leche/ha durante los 240 días de lactancia. De acuerdo con esto, en estas praderas degradadas ubicadas en el cordón lechero del Piedemonte llanero, se están dejando de producir entre 1200 y 1400 l/ha/lactancia. Se aprecia que la pradera degradada produce entre un 25% y un 43% de lo que produce una pradera en buen estado.

Tabla 8. Indicadores de productividad en praderas de *B. decumbens* en buen estado y praderas degradadas en la Orinoquia.

Indicador	<i>B. decumbens</i> Buen Estado	<i>B. decumbens</i> Degradado
Producción de forraje (kgMS/ha)	1200 - 1500	300 - 650
Contenido de proteína (%)	8 - 10	4 - 6
Periodo de recuperación de la pradera (días)	15 - 30	45 - 60
Ganancia de peso animal (g/animal/día)	400 - 500	200 - 300
Carga animal (U.A/ha)	1.5 - 2.0	0.6 - 1.0
Productividad de carne (kg/ha/año)	200 - 350	73 - 110
Periodo de ceba en meses (peso inicial 200kg/animal a un peso final de 450 kg)	20 - 16	41 - 27
Producción de leche en vacas doble propósito (l/ha/lactancia de 240 días)	1800 - 2400	576 - 960

ESTADOS DE DEGRADACIÓN DE UNA PRADERA

La degradación de una pradera, generalmente sigue una secuencia que se inicia con la pérdida de vigor de la planta y finaliza con la pérdida de cobertura o la invasión de malezas. Se ha desarrollado una clasificación de los estados de degradación de praderas de *B. decumbens* y sus indicadores, que puede servir como una herramienta para evaluación de praderas de esta gramínea en los Llanos Orientales de Colombia.

Para la clasificación se tiene como base praderas en buen estado y bien manejadas con una cobertura del suelo mayor del 80%, baja presencia de especies diferentes a las forrajeras, una disponibilidad de forraje superior a 1300 kgMS/ha, con un contenido de proteína cruda entre 8 y 10% y una densidad aparente del suelo menor de 1.3 g/cc. En la Tabla 9 se relaciona la clasificación donde se incluyen los siguientes estados:

Estado 1: son praderas que tienen una disponibilidad aceptable de forraje; sin embargo, la cobertura ejercida por el pasto se empieza a reducir a valores entre 70 y 80%, y la presencia de malezas se aumenta hasta un 25% y la proteína cruda se presenta entre 6-7.9%. En algunas localidades, como la Atillanura, el suelo descubierto puede estar en un rango de 10 a 20%.

Tabla 9. Estados de degradación y sus indicadores en praderas de *B. decumbens* en la Orinoquia Colombiana.

Estado	Cobertura ¹ (%)	Altura ² (cm)	Otras especies (%)	Disponib. ³ (kgMS/ha)	Proteína cruda (%)	Densidad aparente (g/cc)	Suelo descubierto (%)
1	70 - 80	25 - 29	10 - 25	900 - 1299	6 - 7.9	1.4 - 1.5	10 - 20
2	50 - 69	20 - 24	26 - 50	500 - 899	5 - 5.9	1.6 - 1.7	21 - 30
3	<50	<20	>50	<500	<5	>1.7	>30

Fuente: Rincón, 1999.

¹ La cobertura se refiere a la del *B. decumbens*.

² y ³. La altura y disponibilidad de forraje del pasto, se considera con 30 días de descanso de la pradera, durante la época lluviosa.

Estado 2: estas praderas ya tienen un estado de degradación en el cual la productividad y calidad del forraje se ha reducido en cerca de un 50% con respecto al estado 1 y la cobertura del pasto puede estar en un 50%, mientras que las otras especies pueden ocupar el otro 50%. El suelo descubierto puede llegar a un 30%.

Estado 3: las praderas se encuentran en estado avanzado de degradación, porque la disponibilidad de forraje no alcanza a los 500 kgMS/ha, el dominio de las malezas es mayor del 50%, la calidad nutritiva en términos de proteína cruda es menor del 5% y en zonas como la Altillanura, el suelo descubierto es mayor del 30%.

En resultados prácticos de campo los estados de degradación o las praderas pueden presentar gran variabilidad de condiciones que no necesariamente siguen los valores de la escala, pero sirven de base para que el técnico o el ganadero tomen determinaciones en las labores a seguir para mejorar la productividad.

- Por ejemplo, una pradera puede presentar alta producción de biomasa; sin embargo, el contenido de proteína puede estar bajo, cuya solución sería la aplicación de un fertilizante nitrogenado.
- Igualmente, cuando se presenta una buena población del pasto, una mayor altura de este puede representar mayor disponibilidad de forraje; sin embargo, esto no es cierto cuando la población del pasto es baja.

En el Piedemonte llanero se han encontrado praderas en avanzado estado de degradación (estado 3); sin embargo, la cobertura es del 100% y la densidad aparente no es mayor de 1.5 g/cc, por la presencia de la grama amarga *Homolepsis aturensis*.

TECNOLOGÍAS DE RECUPERACIÓN DE PRADERAS

Con la recuperación de praderas se busca mejorar su productividad, al recobrar su vigor, aumentar la producción y la calidad del forraje, características que deben ser estables y persistentes. Una pradera bien establecida requiere un manejo adecuado para evitar su degradación. Cuando están en proceso de deterioro, éstas pueden volver a ser productivas aplicando métodos de recuperación.

El método de recuperación de praderas está directamente relacionado con el grado de degradación y con el interés del productor en mejorar la productividad animal de la Finca. Una pradera con buena cobertura y población de pasto, pero con baja calidad y disponibilidad de forraje, puede mejorarse solamente con la aplicación de los fertilizantes que suplan las deficiencias manifestadas en los análisis de suelos y de forraje. De otra parte, si se desea mejorar aún más la productividad de los animales, se puede optar por la siembra de leguminosas forrajeras, que además de mantener una producción sostenida, en el tiempo se reducirá costos de fertilización.

Para los Llanos colombianos se han desarrollado diferentes métodos de recuperación de praderas que han permitido mejorar la productividad y rentabilidad de la actividad ganadera. Las cuales se presentan a continuación.

MANEJO DE LA NUTRICIÓN MINERAL DE LOS PASTOS

Los suelos de la Orinoquia colombiana han sufrido un avanzado proceso de meteorización en los cuales las bases intercambiables han sido reemplazadas por el aluminio y el hidrógeno, haciéndolos muy ácidos y deficientes en fósforo, calcio, magnesio, potasio, azufre y materia orgánica. Poseen además, altos contenidos de aluminio que limitan el crecimiento de las plantas por la saturación de aluminio (Al) que puede llegar a un 80%, Tabla 10. Las especies forrajeras recomendadas, aunque crecen bajo condiciones limitadas de fertilidad, tienen requerimientos mínimos de minerales que deben ser aplicados en el establecimiento de la pradera o posteriormente en producción mediante fertilización de mantenimiento.

La reacción de las plantas forrajeras a los elementos minerales presentes en el suelo es parte determinante de la distribución natural y de la habilidad para sobrevivir y producir en determinado ecosistema. El estado nutricional de

Tabla 10. Características químicas de suelos del Piedemonte Llanero y la Altillanura Colombiana.

Parametro	Piedemonte Meta (terrazas)	Piedemonte Casanare	Altillanura Plana	Altillanura Disecada
pH	4.4 - 4.9	4.8 - 5.1	4.5 - 5.0	4.4 - 4.9
M.O. (%)	1.9 - 3.0	1.4 - 3.0	1.8 - 3.7	1.4 - 2.4
P (ppm)	1.0 - 2.0	1.0 - 3.0	1.0 - 4.0	1.0 - 2.0
Ca (meq/100 g)	0.17 - 0.44	0.40 - 1.54	0.20 - 0.58	0.17 - 0.25
Mg (meq/100 g)	0.07 - 0.12	0.10 - 0.83	0.07 - 0.19	0.05 - 0.09
K (meq/100 g)	0.07 - 0.08	0.04 - 0.17	0.02 - 0.09	0.04 - 0.06
Na (meq/100 g)	0.17 - 0.20	0.14 - 0.17	0.07 - 0.26	0.08 - 0.20
Al (meq/100 g)	2.8 - 3.6	1.4 - 3.4	1.5 - 3.5	1.4 - 1.7
B (ppm)	0.24 - 0.37	0.10 - 0.22	0.14 - 0.36	0.10 - 0.20
Cu (ppm)	0.3 - 0.7	1.1 - 1.4	0.4 - 0.9	0.2 - 0.3
Zn (ppm)	0.5 - 1.0	1.0 - 4.4	0.4 - 1.0	0.3 - 0.6
Fe (ppm)	42 - 46	152 - 217	10 - 460	15 - 60
Mn (ppm)	1.2 - 6.3	12.0 - 32.0	0.8 - 9.2	0.5 - 5.4

Fuente: Corpoica, C.I. La Libertad, Programa pecuario, Base de datos, 2006.

un suelo puede considerarse como satisfactorio cuando suministra nutrimentos en una concentración y tasa suficientes para las necesidades de la planta forrajera. El diagnóstico inicial del estado nutricional de un suelo es la herramienta para determinar qué nutrimentos son limitantes en el desarrollo de la planta forrajera y qué cantidad es necesaria para reducir esta limitación.

Nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre son los minerales más importantes para el desarrollo de las especies forrajeras. Los requerimientos para el establecimiento y mantenimiento de praderas pueden diferir de acuerdo a la especie; también pueden cambiar con el tiempo, debido a la remoción del sistema, reciclaje y pérdidas por lixiviación y fijación en el suelo (Salinas, 1989).

Las especies de *Brachiaria* tienen buen desarrollo en suelos deficientes en materia orgánica; sin embargo, el contenido de proteína cruda es bajo, en algunos casos no llena los requerimientos de los animales en pastoreo. La solución a estos bajos contenidos de proteína en las hojas es hacer fertilización con productos nitrogenados o establecer praderas asociadas (gramíneas-leguminosas) práctica recomendada para mejorar la calidad y producción del forraje y para mejorar las características químicas y físicas de los suelos.

Tolerancia de los pastos a altas concentraciones de aluminio en el suelo

La tolerancia al aluminio (Al) entre especies y variedades de pasto se debe a la adaptación genética como resultado de la selección natural en suelos ácidos. Varios intentos se han hecho para explicar la causa de la tolerancia a Al por las plantas. Básicamente estos pueden ser separados en dos categorías: (1) cambios diferenciales en la morfología de la planta, y (2) cambios diferenciales en la fisiología y bioquímica de la planta. Esta separación no implica que la tolerancia a Al resulte de cada categoría independientemente; por el contrario, el grado de tolerancia parece ser una combinación de ambas categorías (Salinas, 1989).

El aluminio solamente es tóxico cuando el pH del suelo es menor de 5.5, pero esta toxicidad se incrementa a un pH inferior a 5.0, porque se aumenta la concentración en la solución del suelo (Foy, 1992; Ayarza, 1988). Los síntomas de toxicidad aún no han sido claramente diagnosticados; sin embargo, se sabe que los daños por aluminio se presentan en la raíz, afectando el desarrollo de la parte aérea en forma indirecta. Las raíces se tornan más gruesas y cortas y el desarrollo de los pelos radicales es muy reducido; de esta forma, las raíces pueden explorar solo un limitado volumen de suelo, trayendo como consecuencia una baja absorción de agua y de nutrientes. El exceso de aluminio interfiere con la toma, transporte y uso de nutrientes esenciales como P, Ca, Mg y Fe. Y, además, pueden inhibir los procesos microbiales que aportan nutrientes a las plantas (Salinas, 1989; Rao *et al.*, 1998).

El término "resistencia al aluminio" hace referencia a las plantas que presentan un buen desarrollo de raíces y crecimiento vigoroso en suelos ácidos con alta saturación de aluminio. Se ha observado una estrecha relación entre la acumulación de aluminio en los ápices de la raíz y la inhibición del crecimiento de la raíz. *B. decumbens* excluye la acumulación de aluminio en los ápices de sus raíces, factor que da resistencia al efecto tóxico de este elemento. Las puntas de las raíces no secretan ácidos orgánicos que es el mecanismo de resistencia en otros cultivos. Se ha observado que la detoxificación de aluminio en las raíces de *B. decumbens* se da por formación de quelatos de aluminio o por alcalinización de la rizosfera apical.

Clarkson (1965) encontró que las anomalías morfológicas de las raíces causadas por el Al pueden ser explicadas por el rol inhibitorio de éste sobre la división y extensión celular. La naturaleza de este daño fue explicada posteriormente por Sampson *et al.* (1965), citado por Salinas (1989), cuando establecieron que el daño del Al está asociado directamente con algunas funciones metabólicas durante la división celular. Sobre la base de resultados bioquímicos, la mitocondria y núcleo, ambos ricos en ADN, fueron sugeridos

como los dos sitios celulares posibles donde el Al estaría actuando. Consecuentemente, una vez que el Al está dentro de una célula meristemática, interfiere en la formación de ADN y el resultado neto es una inhibición del crecimiento radicular. La tolerancia diferencial a Al entre especies y variedades ha estado asociada con una habilidad para absorber y utilizar fósforo (P) en presencia de Al. Además, la tolerancia a Al en ciertas especies forrajeras coincidió con una mayor eficiencia en la asimilación y transporte de fósforo (P), (Andrew y Vanden Berg, 1973).

Las interacciones entre Al y cationes básicos indican un efecto antagónico de Al sobre ellos. El estrés de Al resulta en la reducción de absorción de calcio (Ca) y magnesio (Mg). Estos resultados sugieren que los síntomas de deficiencia de Ca observados en algunos cultivos en suelos ácidos son debidos a un efecto antagónico del Al sobre el Ca en vez de niveles bajos de Ca en tales suelos. El efecto del Al sobre la absorción de Ca ocurre rápidamente cerca de la superficie de las raíces. Estas observaciones sugieren que la permeabilidad de las membranas celulares sería afectada por el Al; por lo tanto, la alteración de la configuración estructural de las membranas por reemplazo de Ca por Al puede inhibir la asimilación de Ca (Salinas, 1989).

- **Tolerancia de los pastos a bajas concentraciones de fósforo (P) en el suelo**

El fósforo es el nutrimento más limitante para el adecuado desarrollo de las plantas en suelos ácidos (León y Toledo, 1982; Sánchez, 1976; CIAT, 1985; citados por Ayarza y Spain, 1988). Sin embargo, una de las principales características de adaptación de las especies forrajeras tropicales a suelos ácidos deficientes en fósforo (P), es su crecimiento y producción bajo estas condiciones limitantes. La toma de fósforo por las especies de *Brachiaria* está relacionada con el abundante sistema radicular que proporciona buen contacto con el suelo, habilidad para el uso de formas insolubles de P orgánico e inorgánico, asociación con micorrizas vesículo-arbuscular, aumento de la secreción de fitasa en condiciones de bajo contenido de P (Salinas, 1989; Ayarza, 1988).

En los suelos ácidos de los Llanos Orientales de Colombia se evaluó el efecto de la aplicación de varios niveles de P en dos tipos de suelo, sobre los rendimientos de biomasa de *B. dictyoneura* (Rao, et al., 1998). En ambos se presentó un incremento en la producción de biomasa a medida que se aumentaba el nivel de fósforo: de 0.78 g/planta en el suelo al que no se le aplicó P, se aumentó a 13.9 g/planta en el suelo al que se le aplicó 50 kg/ha de P. Figura 5. En el suelo franco arenoso se obtuvo la mejor producción de biomasa por la menor presencia de arcillas que retienen el P en suelos ácidos.

Las especies de *Brachiaria* poseen abundante sistema radicular fino que son excelentes hospederos para las micorrizas en suelos ácidos de baja fertilidad. La inoculación con micorrizas permite reducir los requerimientos externos (fertilización) de P en un 80% en suelos ácidos (Saif, 1987).

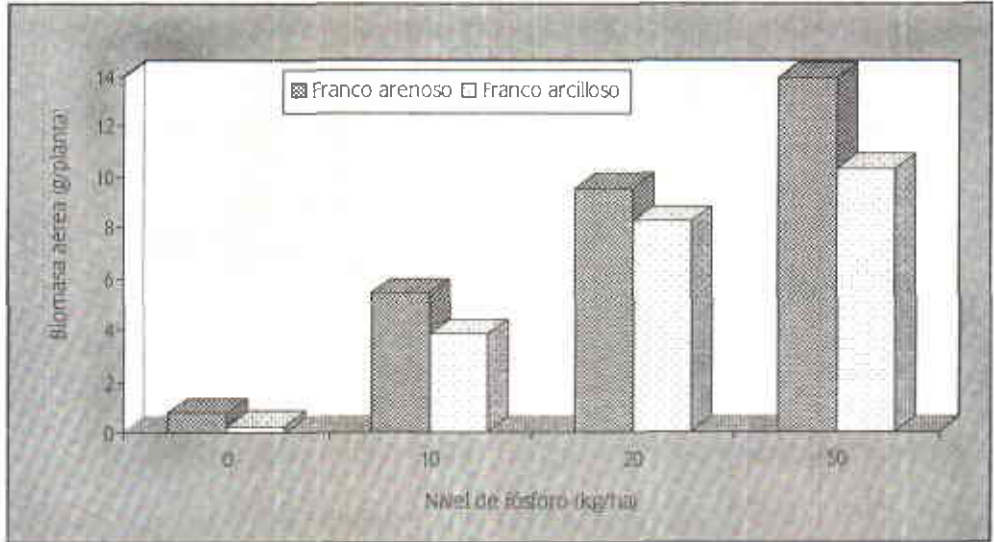


Figura 5. Efecto de la aplicación de fósforo (P) sobre la biomasa aérea de *B. dictyoneura* en dos suelos ácidos. C. I. Carimagua. (Rao et al., 1998).

FERTILIZACIÓN DE PASTOS

La práctica común en la siembra de pastos en los Llanos colombianos es realizar una fertilización de establecimiento con 100 a 250 kg/ha de Roca fosfórica, además, en la mayoría de los casos no se hace fertilización de mantenimiento. La respuesta a esta práctica es que durante el primer año de pastoreo hay una disponibilidad aceptable de forraje, la cual decae posteriormente por la mala nutrición de las plantas. Se pueden presentar casos excepcionales donde la fertilidad de los suelos permite que se mantenga buena producción de forraje como en las vegas de los ríos o en algunos sitios cercanos a la cordillera.

La determinación para aplicar fertilizantes a las praderas, debe estar basada en la disponibilidad en el suelo de los minerales esenciales para el buen desarrollo de las especies forrajeras adaptadas a condiciones de suelos ácidos. Salinas y García (1985) hicieron una clasificación de la fertilidad de los suelos que puede servir como base para determinar la fertilización en establecimiento y mantenimiento de praderas en la Orinoquia colombiana. Tabla 11.

Tabla 11. Clasificación de los suelos según nivel de fertilidad para el establecimiento de especies forrajeras tolerantes a la acidez.

Parámetro	Nivel de fertilidad	
	Medio	Alto
pH	4.5 - 5.5	5.5 - 6.5
P (ppm)	2 - 5	5 - 10
K (meq/100 g)	0.05 - 0.10	0.10 - 0.15
Ca (meq/100 g)	0.20 - 0.5	0.5 - 1.0
Mg (meq/100 g)	0.08 - 0.12	0.12 - 0.20
Saturación Al (%)	60 - 80	30 - 60
S (ppm)	10 - 15	15 - 20
Zn (ppm)	0.5 - 1.0	1.0 - 1.5
Cu (ppm)	0.5 - 1.0	1.0 - 3.0
B (ppm)	0.3 - 0.5	0.5 - 1.0
Mn (ppm) ¹	50 - 80	20 - 50

¹ Los contenidos de Mn se refieren al grado de toxicidad de este elemento y no al requerimiento nutricional.

Fuente: Adaptado de Salinas y García, 1985.

La mayor parte de los suelos de la Altillanura y de las terrazas del Piedemonte, se encuentran en un nivel bajo y medio de fertilidad, según los valores de la Tabla 11, presentándose alta deficiencia de todos los nutrientes esenciales para el desarrollo de los pastos. La saturación de bases es menor de 30%, resultando ser limitante para obtener buena respuesta en producción de forraje, considerando que según estudios hechos en suelos ácidos del Cerrado brasileiro, los pastos poco exigentes como el *B. decumbens*, *B. humidicola* y *B. dictyoneura* exigen una saturación de bases de 30 a 35%, mientras que especies más exigentes como el *B. brizantha* cv Marandú, *B. brizantha* cv Toledo y todas las especies de *Panicum* requieren de una saturación de bases de 40 a 45% (Vilela et al., 1998).

Por lo tanto, con base en el análisis químico de suelos, es necesario determinar la saturación de bases para calcular los requerimientos de Cal dolomítica que, además, mejorará los contenidos de calcio y magnesio en el suelo para ser aprovechados por los pastos.

El tipo de fertilizantes y la cantidad a aplicar se determina teniendo en cuenta la disponibilidad de nutrimentos en el suelo y los requerimientos del bovino y su sistema de explotación. Según la National Research Council - NRC (1989), las vacas en lactación requieren una mayor cantidad de minerales que los novillos de ceba. Tabla 12.

Tabla 12. Concentraciones mínimas sugeridas en Materia Seca (MS) de forrajes para cubrir los requerimientos de vacas en lactancia y novillos de ceba, comparados con el contenido en *B. decumbens*

Elemento % en MS	Vacas en lactancia	Novillos en ceba	<i>B. decumbens</i>
Fósforo (%)	0.37	0.23	0.19
Calcio (%)	0.60	0.40	0.28
Magnesio (%)	0.20	0.10	0.31
Potasio (%)	0.90	0.60	0.75
Azufre (%)	0.20	0.15	0.11
Cobre (ppm)	10	10	8
Hierro (ppm)	50	50	85
Manganeso (ppm)	40	20	172
Zinc (ppm)	40	30	281

Fuente: NRC, 1989.

Para saber si el pasto que están consumiendo los animales contiene los nutrientes necesarios para llenar sus requerimientos, es necesario hacer un análisis foliar con el fin de determinar las concentraciones de cada mineral en el pasto. El contenido de los elementos esenciales en los pastos está directamente relacionado con los contenidos de minerales en el suelo y la capacidad de extracción de la planta. En general, se ha encontrado, en condiciones de los Llanos Orientales colombianos, una marcada deficiencia de fósforo, calcio y azufre, lo cual tiene relación con la deficiencia natural de estos elementos en el suelo. Sin embargo, en la mayoría de los casos, no se han observado deficiencias de magnesio y potasio en el pasto, aunque en los análisis de suelos se han observado deficiencias, hecho que puede estar relacionado con la capacidad de extracción de estos nutrientes por la planta y por la capacidad de restitución de potasio especialmente, que tienen estos suelos, gracias a la presencia de arcillas tipo 2:1 vermiculita (Dávila *et al.*, 1998).

Los micronutrientes analizados, cobre y zinc, son deficientes en el tejido foliar; en cambio el hierro y manganeso se encuentran en altos contenidos, especialmente el manganeso; sin embargo, estos microelementos tienen baja toxicidad en los animales y pueden consumir hasta niveles máximos de 1000 ppm (McDowell *et al.*, 1994). Trabajos realizados por Salinas (1989), con aplicación de los micronutrientes cobre y zinc, a gramíneas y leguminosas forrajeras en condiciones de los Llanos colombianos, demostraron que aunque la producción de forraje no se afectaba con su aplicación al suelo, sí se mejoraba su contenido foliar y llenaban los requerimientos de los bovinos.

Como se puede apreciar en la Tabla 12, un *B. decumbens* manejado en forma tradicional en suelos ácidos de la Orinoquia colombiana, tiene limitacio-

nes en el suministro de fósforo, calcio, azufre, cobre y zinc a los animales. Además, hay que considerar que por el bajo contenido de materia orgánica en estos suelos, se presenta muy baja disponibilidad de nitrógeno, afectando el contenido de proteína en los forrajes. Para dar solución a estas deficiencias, necesariamente debe hacerse un programa de fertilización que no solo mejore la calidad nutritiva, sino que también aumente la disponibilidad de forraje.

Los fertilizantes recomendados para los pastos se deben seleccionar bajo criterios de eficiencia y economía, para lo cual la pradera se debe considerar como un cultivo perenne, que requiere disponibilidad permanente de nutrientes. Las fuentes de fósforo, calcio, magnesio y azufre más aconsejables son la Roca fosfórica, la Cal dolomítica y el Yeso agrícola; estos insumos son adecuados para la fertilización de pastos por su lenta solubilidad, por sus bajos costos, en comparación con otros fertilizantes y la alta concentración de nutrientes en relación a otras fuentes.

En evaluaciones de tratamientos de fertilización con diferentes fuentes, se ha visto el efecto positivo en la producción de forraje que tiene la Roca fosfórica como fuente de fósforo, con resultados similares o superiores a los obtenidos cuando se utilizó Superfosfato triple, en condiciones de suelos ácidos (CIAT, 1986, Vallejos y Ferrufino, 1986). La Cal dolomítica es fuente de calcio y magnesio; por su parte, el Yeso agrícola proporciona calcio y azufre en forma de sulfato, que es el compuesto como la planta lo absorbe por las raíces. El Yeso agrícola junto con la Cal dolomítica cumplen la función de reducir la saturación de aluminio en el suelo y aumentar los contenidos de bases intercambiables (Ca, Mg, K) en el complejo de cambio del suelo. Sin embargo, la principal ventaja del Yeso agrícola es el movimiento que el calcio tiene en el suelo unido al sulfato, permitiendo su mayor disponibilidad a niveles más profundos, favoreciendo el desarrollo de raíces de los pastos (Gomes et al., 2001).

La decisión de utilizar uno u otro fertilizante, depende de un análisis de costos detallado y del sistema de explotación que quiera desarrollar en la finca. Si se quiere una explotación más intensiva, con mayor número de animales por área y producción más rápida debe disponerse de mayor volumen de biomasa de mejor calidad, lo cual se logra con niveles de fertilización más altos con fuentes más solubles y aplicaciones más frecuentes.

Por otra parte, si la pradera está conformada por una gramínea sola, es indispensable la fertilización nitrogenada. Se ha comprobado que el nitrógeno es el nutriente que genera mayor respuesta en los pastos en producción y en mejoramiento de la calidad, especialmente en términos de proteína. La deficiencia de nitrógeno ha sido reportada como una de las principales causas de degradación de praderas (Werner, 1986 citado por Soares et al., 1992, Robbins et al., 1986). En general, la productividad de dichas praderas disminuye debido

a una reducción en el nitrógeno disponible en el suelo, por lo cual el problema podría resolverse mediante la rotación de cultivos con praderas, la fertilización con nitrógeno o la introducción de leguminosas (Robbins et al., 1986). La práctica más fácil sería la fertilización con nitrógeno. Sin embargo, los altos costos de los fertilizantes que contienen este nutriente limitan su uso por parte de los productores.

El CIAT (1984), determinó los requerimientos de las especies en cuanto a fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre, Tabla 13. Las especies de gramíneas menos exigentes como el *B. decumbens*, *B. dictyoneura* y *B. humidicola*, se han adaptado a las condiciones de mínimos insumos, pero que tienen buena respuesta en rendimiento, cuando se mejoran las condiciones de fertilidad.

Las gramíneas *B. brizantha* y *P. maximum* producen mayor cantidad de biomasa de mejor calidad, pero son más exigentes en fertilidad del suelo. En tanto, las leguminosas forrajeras para los suelos ácidos se adaptan bien a las mismas condiciones de las gramíneas menos exigentes, pero requieren más magnesio y azufre.

Las dosis recomendadas en la Tabla 13 son generales para suelos ácidos; sin embargo, en trabajos realizados por CORPOICA en fincas durante varios años, se ha encontrado gran variabilidad en el contenido de minerales en los suelos y en el forraje; por lo tanto, para obtener un mejor establecimiento y desarrollo de las praderas, se recomienda el análisis de suelos que permite formular las necesidades según deficiencias y requerimientos de la especie. En praderas ya establecidas, el análisis de suelos debe ser complementado con un análisis de la calidad nutritiva de los forrajes.

Tabla 13. Dosis recomendadas (kg/ha) de fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre para algunas especies de gramíneas y leguminosas en suelos ácidos.

Especie	P	K	Ca	Mg	S
Gramíneas menos exigentes (<i>B. decumbens</i> , <i>B. humidicola</i> , <i>B. dictyoneura</i>)	30	30	200	20	20
Gramíneas más exigentes (<i>B. brizantha</i> cv Toledo, cv La Libertad, cv. Marandú, <i>Panicum maximum</i>)	40	40	400	30	30
Leguminosas: <i>S. capitata</i> cv. capita, <i>D. ovalifolium</i> cv. Maquenque, <i>P. phaseoloides</i> cv Kudzu, <i>A. pintoi</i> cv. Mari forrajero	30	30	200	30	30

Fuente: Adaptado de CIAT, 1984.

Con respecto a la fertilización con elementos menores, investigaciones realizadas en Carimagua (CIAT, 1981) demostraron que en gramíneas y leguminosas forrajeras no se obtiene efecto positivo con la aplicación de micronutrientes sobre la disponibilidad de forraje. La cantidad de boro y manganeso disponibles bajo condiciones de sabana nativa es adecuada para el establecimiento de pastos. Las aplicaciones de zinc y cobre al suelo mejoran su contenido en las gramíneas, lo cual es importante ya que sin la aplicación de estos microelementos los niveles son inferiores a los requeridos por el animal. Por lo tanto, la fertilización de mantenimiento con zinc y cobre es importante en praderas de gramíneas no asociadas.

LABRANZA Y FERTILIZACIÓN

La labranza como medio para recuperar praderas, se aplica cuando hay un avanzado estado de degradación, por pérdida de cobertura de los suelos con su consecuente compactación y por la baja población de las especies forrajeras. También se aplica labranza en aquellas praderas que han sido invadidas por gramas. La labranza estimula el desarrollo de las plantas que aún permanecen y además facilita la germinación de nuevas plántulas provenientes de semillas



Labranza en la recuperación de praderas.

presentes en el suelo o aquellas que se distribuyen en forma directa o con los fertilizantes en el momento de la recuperación.

En la recuperación de praderas, se ha observado el efecto positivo que tiene la labranza del suelo mediante el uso de implementos mecánicos como el arado de cinceles. Esta labor permite romper el suelo compacto y estimular los procesos de mineralización de la materia orgánica poniendo a disponibilidad de la planta nitrógeno y azufre. Se ha observado un incremento considerable de azufre (casi cinco veces) cuando la preparación de los suelos se hace con labranza convencional (CIAT, 1981).

La labranza por sí sola, no tiene efectos significativos sobre la recuperación de praderas; esta debe ser complementada con una fertilización que se aplica después del laboreo del suelo. Se ha demostrado que la aplicación de tratamientos mecánicos sin fertilización, no mejora el desarrollo de la pradera ni de su productividad (Arruda et al., 1987). La labranza solo aumenta la productividad de la pradera, cuando se hace conjuntamente con la aplicación de cal y otros fertilizantes, alcanzándose un incremento superior al 100% (Carvalho y otros, 1990).

Para la realización de la labranza se han probado diferentes implementos con el propósito de determinar cual de ellos tiene efectos positivos en la recuperación de praderas.

Acosta (1992), en una finca del Piedemonte, en suelos de terraza alta, evaluó el cincel rígido, cincel vibratorio, arado de discos y rastrillo californiano, para recuperar una pradera degradada de *B. decumbens*. Después de dos años de evaluación, no se presentaron diferencias significativas en la producción de forraje, la cual estuvo entre 1193 y 1551 kg de forraje seco/ha, como promedio de cuatro evaluaciones realizadas durante los dos años. Sin embargo, aquellas praderas con labranza, además de una fertilización de 150 kg/ha de Roca fosfórica y 200 kg/ha de Sulpomag, presentaron diferencias significativas a su favor, con promedio de 1400 kg de forraje seco/ha. En los tratamientos con sola labranza, la producción fue de 1200 kg de forraje seco/ha. En Brasil, se han obtenido resultados similares en la recuperación de *Brachiaria decumbens*. La utilización de implementos mecánicos y fertilización con 50 kg de P_2O_5 , fue suficiente para elevar la producción de 900 a 1800 kg de materia seca/ha (Cantarutti et al., 1985).

Para la recuperación de praderas, el productor dispone de otros implementos como el "renovador de praderas" y el cincel rígido. Estos son adecuados para hacer una labranza profunda especialmente en suelos arcillosos con problemas de drenaje superficial, porque pueden penetrar a una profundidad de 25 a 30 cm, lo cual mejora el drenaje en la zona radicular de los pastos y no

altera la parte aérea de la planta. Su uso se ve limitado por la alta potencia que necesita el tractor para lograr una buena acción de estos implementos. Un renovador de praderas o un cincel rígido de tres cuerpos exigen un tractor de 100 caballos de fuerza. La mayoría de los ganaderos de la región poseen tractores con más de 20 años de uso, con una potencia que no supera los 80 caballos de fuerza.

En la Altillanura colombiana se han realizado diversos trabajos comparativos de labranza vertical con cincel vibratorio y labranza convencional (dos pases de rastra en forma cruzada). Uno de estos trabajos demostró que para la recuperación de praderas puede utilizarse cualquiera de los dos implementos, pues no hay diferencias en el efecto sobre las características físicas de los suelos, ni sobre la producción de forraje, Tablas 14 y 15. Después de 30 meses de realizada la labranza con estos dos implementos, la densidad aparente se conservó en valores óptimos (menor de 1.3 g/cc) en suelos francoarcillosos. En los suelos francoarenosos, los problemas de compactación son más graves probablemente por la menor cobertura de los suelos; sin embargo, con la mecanización, la porosidad se mejoró de 34 a 43%. Es necesario hacer énfasis en que el tratamiento con rastra se hizo a media traba a una profundidad promedio de 20 cm.; esto difiere de la práctica que normalmente hace el productor, que consiste en un pase superficial de este implemento ocasionando solo un "rayado en la pradera".

Tabla 14. Características físicas en praderas de *B. decumbens* antes y 30 meses después de la recuperación con cincel vibratorio y rastra en un suelo francoarcilloso y un suelo francoarenoso de la Altillanura Colombiana.

Tratamiento	Profund. (cm)	Antes de la Recuperación			30 Meses Después de la Recuperación		
		Densidad Aparente (g/cc)	Densidad Real (g/cc)	Porosidad (%)	Densidad Aparente (g/cc)	Densidad Real (g/cc)	Porosidad (%)
Suelo Francoarcilloso							
Cincel vibratorio	0-10	1.42	2.49	42.8	1.27	2.52	49.5
	10-20	1.45	2.52	42.4	1.28	2.57	50.0
Rastra	0-10	1.37	2.43	47.4	1.19	2.52	52.6
	10-20	1.36	2.39	47.0	1.24	2.54	51.5
Suelo Francoarenoso							
Cincel vibratorio	0-10	1.62	2.49	34.9	1.38	2.58	46.5
	10-20	1.64	2.55	35.6	1.47	2.54	42.1
Rastra	0-10	1.73	2.61	33.7	1.47	2.55	42.7
	10-20	1.76	2.60	32.3	1.56	2.53	39.1

Fuente: Rincón, 1999.

Tabla 15. Producción de forraje y cobertura en praderas de *B. decumbens* recuperadas con cincel y con rastra en dos suelos de la Altillanura Colombiana.

Parametro	B. decumbens sin recuperar		Labranza con Cincel Vibratorio		Labranza con Rastra	
	Lluvias	Seca	Lluvias	Seca	Lluvias	Seca
Suelo francoarcilloso						
Producción de forraje (kgMS/ha)	950	630	1846	962	1720	957
Cobertura (%)	75	65	90	75	90	73
Suelo francoarenoso						
Producción de forraje (kgMS/ha)	730	470	1512	835	1480	843
Cobertura (%)	70	60	80	65	85	67

Fuente: Rincón, 1999.

Por otra parte, la producción de forraje en las praderas recuperadas con estos dos implementos duplicó la producción con respecto al testigo sin mecanización. En los suelos francoarcillosos de 950 kgMS/ha pasó a 1846 y 1720 kgMS/ha, durante la época lluviosa con cincel vibratorio y rastra, respectivamente. En la época seca la producción de forraje se redujo en cerca de un 50%, pero se conservaron las diferencias con respecto al tratamiento testigo. En el suelo francoarenoso se presentó la misma tendencia observada en el suelo francoarcilloso; sin embargo, la producción de biomasa fue inferior en 300 kgMS/ha, aproximadamente. La información corresponde a un promedio de tres años de evaluación, en donde se debe considerar que después de la labranza, estas praderas fueron fertilizadas con 300 kg/ha de Cal dolomítica, 300 kg/ha de Roca fosfórica, 25 kg/ha de Flor de azufre y además se sembró 3 kg/ha de kudzú. También se realizó una fertilización de mantenimiento anual con 50 kg/ha de Cloruro de potasio y 100 kg/ha de Sulfato de magnesio, Tabla 15.

La tecnología que se recomienda para la recuperación o renovación de praderas es de fácil aplicación y se ajusta principalmente para las praderas de *B. decumbens*, considerando la mayor área con este problema en la Orinoquia colombiana.

La actividad se inicia preferiblemente a comienzo de las lluvias, con una eliminación de la biomasa presente en el lote mediante un sobrepastoreo o por medios mecánicos como la guadaña o desbrozadora, labor importante para obtener una mejor acción de los implementos de labranza. En casos de alta compactación y presencia de biomasa en la superficie del suelo, se recomienda iniciar con un pase de rastra para que posteriormente el tractor tenga

mejor agarre y pueda profundizar la labranza con uno o dos pases de cinceles, de acuerdo a la textura (contenido de arcilla) y al grado de compactación de los suelos. Esta labranza vertical debe hacerse a una profundidad mínima de 25 cm, lo cual dará las condiciones adecuadas para un buen desarrollo de raíces de los pastos. Posteriormente, debe hacerse un pase de pulidor o rastra con poca traba con el fin de uniformizar la superficie del suelo y dar buenas condiciones para la germinación de las semillas, cuando se introduce una leguminosa o cuando se mejora la población de la gramínea, distribuyendo semilla de esta en el lote. Estas semillas se mezclan con el fertilizante y luego se distribuyen preferiblemente con una encaladora.

En la recuperación de praderas con labranza, es importante considerar que lo que se está haciendo es recobrar la productividad de una o varias especies ya existentes en el lote; por lo tanto, la labranza debe ser reducida para causar el menor daño a las raíces de las especies forrajeras. En la renovación de praderas, lo que se busca es cambiar la especie existente por otra; por ejemplo, cambiar lo que queda de *B. decumbens* por pasto llanero. En el piedemonte Llanero donde las praderas de *B. decumbens* han sido reemplazadas por la grama amarga (*Homolepis aturensis*) lo que se hace es un nuevo establecimiento de praderas, para lo cual se requiere de un mayor grado de labranza especialmente por la alta cobertura que ejerce esta especie nativa dificultando enormemente la acción de los implementos; por tal razón en algunos casos ha sido necesario recurrir al arado de discos para incorporar la biomasa vegetal al suelo.

La determinación de aplicar labranza para la recuperación de praderas, debe estar basada en el estado de deterioro de la pradera y en la historia del lote, especialmente con relación a presencia de malezas. La remoción del suelo, principalmente en fincas del Piedemonte, promueve el desarrollo de alta población de malezas proveniente de semillas que han estado latentes.

Uno de los principales limitantes para la renovación o establecimiento de praderas en algunas fincas del Piedemonte Llanero, es la alta población de malezas especialmente en aquellos suelos que han sido utilizados con cultivos en ocasiones anteriores. Para reducir este problema, es necesario hacer una oportuna preparación de suelos y siembras a comienzo de lluvias con una densidad más alta de semillas de buena calidad y especies de crecimiento estolonífero e invasor como *B. dictyoneura*, *B. humidicola*, *A. pintoii* o especies de rápido establecimiento como *B. decumbens* o pasto Toledo. En aquellos casos donde la reserva de semillas de malezas en el suelo es muy alta, es conveniente esperar a que estas germinen después de la preparación del suelo y luego aplicar un herbicida. Al no hacer este control se corre el riesgo de fracasar en el establecimiento de los pastos por efecto de competencia, especialmente por espacio y por luz, en los primeros estados de desarrollo.

INTRODUCCIÓN DE LEGUMINOSAS

La siembra de leguminosas en praderas de gramíneas solas es un complemento de alto beneficio a las prácticas de labranza y fertilización. El nitrógeno incorporado al sistema a través de la leguminosa, gracias a la simbiosis con las bacterias *Rhizobium* en las raíces de la planta, mantiene el vigor de la gramínea, tanto en su parte aérea como radicular. Las leguminosas forrajeras tropicales fijan el nitrógeno del aire igual que las de clima templado como el trébol y la alfalfa. Esto es de especial importancia si se tiene en cuenta que este nutriente es el más costoso y deficitario en los forrajes que consume el ganado en los Llanos Orientales de Colombia. Su deficiencia se manifiesta con una clorosis generalizada, pérdida de vigor y bajo contenido de proteína en las hojas.

Además, el aporte de residuos de la planta es fuente de nutrientes por reciclaje (Salinas, J. 1987; CIAT, 1993). En las praderas asociadas de gramínea y leguminosa, el potencial de acumulación de carbono de las gramíneas de raíz profunda resulta en incrementos de la actividad biológica y de la biomasa de la fauna del suelo, en infección por micorrizas vesículo-arbusculares que facilitan la absorción de fósforo, en el mejoramiento de la fertilidad, de la calidad de la materia orgánica y de algunas propiedades físicas del suelo (Thomas, 1985; Combs, 1999). De otra parte, con una pradera asociada, gramínea-leguminosa, se está ofreciendo al animal un forraje de mejor calidad, que se traduce en una mayor producción de carne y/o leche.

Las leguminosas forrajeras tienen la capacidad de aportar de 70 a 200 kg de nitrógeno/ha (Cadish et al., 1985; Combs, 1999), que equivalen a 150-400 kg



Praderas asociadas bajo pastoreo

de urea/ha, fertilizante químico más utilizado y con mayor contenido de este elemento. En términos económicos, las leguminosas pueden evitar un gasto de \$135.000 a \$360.000/ha/año. (1 dólar equivale a \$2500, año 2006).

Entre las leguminosas disponibles para la implantación de praderas asociadas, se encuentran:

- Para suelos ácidos, con una fertilidad mayor especialmente en materia orgánica, calcio y magnesio, se disponen de *Arachis pintoii* cv. mani forrajero y *Pueraria phaseoloides* cv. Kudzú.
- Para los suelos arenosos de la Altillanura, la leguminosa de mejor adaptación es *Stylosanthes capitata* cv. Capica y para cualquier tipo de suelo, se tiene al *Desmodium ovalifolium* cv. Maquenque.



Asociación de mani forrajero con *B. dictyoneura* en establecimiento.

- El mani forrajero y el Maquenque son leguminosas de alta cobertura y buena asociación con toda clase de gramíneas. Por sus características de crecimiento y tolerancia a la sombra, tienen buen potencial para ser utilizadas como cobertura vegetal en cultivos perennes.
- El kudzú es una especie de crecimiento voluble y se asocia bien con gramíneas de crecimiento erecto o semierecto como el *B. decumbens*, *B. brizantha*, *P. maximum*.
- La capica es una leguminosa bianual, de crecimiento erecto; por lo tanto persiste más cuando se asocia con gramíneas poco invasoras, Tabla 16.

Tabla 16. Leguminosas forrajeras recomendadas para el establecimiento o renovación de praderas en condiciones de la Orinoquia colombiana.

Leguminosa	Gramínea con la que mejor se asocia	Densidad de siembra (kg/ha)
<i>Arachis pintoi</i> cv. Mani forrajero	<i>B. decumbens</i> <i>B. brizantha</i> <i>B. humidicola</i> <i>B. dictyoneura</i> <i>P. maximum</i>	6-8 de semilla (300 de estolones)
<i>Pueraria phaseoloides</i> cv. Kudzú	<i>B. decumbens</i> <i>B. brizantha</i> <i>P. maximum</i>	3
<i>Stylosanthes capitata</i> cv. Capica	<i>B. decumbens</i> <i>B. brizantha</i> <i>P. maximum</i>	3
<i>Desmodium ovalifolium</i> cv. Maquenque	<i>B. humidicola</i> <i>B. dictyoneura</i>	0.3

Fuente: Adaptado de Pérez y Acosta, 1988.

Es bien conocida la bondad de las leguminosas en cualquier sistema de explotación agropecuaria; por lo tanto, es necesario hacer mayores esfuerzos en su utilización por parte del ganadero, en la evaluación de nuevo germoplasma forrajero por parte de los investigadores y en la producción de semilla por parte de empresas productoras o de los mismos ganaderos. De los escasos materiales que actualmente se dispone, solamente la semilla de Kudzú se adquiere fácilmente en el mercado a precios razonables, debido a su uso como cobertura del suelo en los cultivos de palma.

La siembra de leguminosas en praderas de gramíneas ya establecidas, con el fin de mejorar la disponibilidad y calidad de forraje, es lo más recomendable para aumentar la productividad, la sostenibilidad y rentabilidad de la ganadería en la Orinoquia colombiana.

Para lograr esto, se ha desarrollado una tecnología fácil de aplicar, procurando utilizar al máximo los escasos recursos de maquinaria que dispone el productor en la región. Las actividades que se realizan son un complemento a la labranza y fertilización descritas en el punto anterior. Es decir que todo se inicia con un sobrepastoreo para eliminar la biomasa disponible y luego se realiza un pase de cincel vibratorio y un pase en sentido contrario superficial de rastra o pulidor, con el solo propósito de eliminar los terrones grandes y dejar el suelo en condiciones adecuadas para la germinación de las leguminosas. Al no disponer de cincel, la labranza se puede hacer con dos pases de rastra en forma cruzada.

Tabla 17. Cobertura, producción de forraje y composición botánica en praderas de *B. decumbens* recuperadas con tres sistemas de labranza en el C.I. La Libertad, Piedemonte Llanero. Promedio de tres años.

Parámetro	Cinzel Vibratorio	Cinzel Rígido	Rastra
Cobertura (%)	72.4	70.4	71.3
Producción de forraje (kgMS/ha)	1335	1483	1454
Contenido de <i>B. decumbens</i> (%)	74.3	80.2	75.8
Contenido de Kudzú (%)	7.3	5.4	3.0
Contenido de Maní forrajero (%)	2.6	2.4	3.0
Contenido de gramíneas nativas (%)	10.7	7.9	9.0
Contenido de maleza (%)	5.1	4.1	4.2

Fuente: Rincón, 1999.

Con respecto a la labranza para introducción de leguminosas en *B. decumbens*, en el C.I. La Libertad se realizó un experimento en donde se evaluaron tres sistemas de labranza: 1) Cinzel vibratorio + un pase superficial de rastra, 2) Cinzel rígido + un pase superficial de rastra y 3) dos pases de rastra. Como resultado después de tres años de evaluación, no se presentaron diferencias significativas ($P > 0.05$) en cobertura, producción de forraje y composición botánica, Tabla 17. Es decir, que para la siembra de leguminosas puede utilizarse cualquiera de los tres sistemas de labranza. Estos mismos resultados fueron obtenidos en fincas de la Altillanura, que confirman una vez más los resultados obtenidos en los tratamientos realizados sobre labranza y fertilización.

Para un buen establecimiento y persistencia de la leguminosa, se selecciona la especie de acuerdo con las condiciones de clima y suelo del lugar. Trabajos realizados en diferentes localidades de los Llanos Orientales, han demostrado que leguminosas más exigentes como el Kudzú o el maní forrajero, establecidas en suelos deficientes de materia orgánica, calcio y magnesio, desaparecen de la pradera al cabo de dos años, si no se suplen estas deficiencias con fertilizantes. Igualmente, en siembras de Kudzú en suelos con alta saturación de humedad, la leguminosa desaparece (Buevas, 1984), contrario al maní forrajero que soporta mejor estas condiciones.

Para un mejor desarrollo de las leguminosas, estas deben estar asociadas con bacterias (rizobios) encargadas de la fijación del nitrógeno atmosférico en las raíces. La simbiosis existente entre bacterias y leguminosa ofrece un gran beneficio a la planta que aprovecha el nitrógeno transformado por las bacterias, al ganado que consume un forraje de mejor calidad y al productor que no tiene que invertir en fertilizantes nitrogenados.

La efectividad de la población de rizobios nativos depende de su abundancia, su especificidad, su diversidad, su competitividad y su tolerancia a las condiciones ambientales. La inoculación intenta modificar la efectividad de la población de las cepas nativas mediante la introducción de una cepa seleccionada, que interactúa con las cepas nativas. En algunos casos la leguminosa responde a la inoculación y en otros crece bien sin ella. En ocasiones la población nativa de rizobios no es efectiva y la ausencia de inoculación puede resultar en una falla total en el establecimiento de la leguminosa (Bradley y Valdés, 1988).

Las semillas de leguminosas deben inocularse con la cepa apropiada de *Rhizobium*, poco antes de la siembra. El procedimiento para la inoculación consiste en mezclar el inóculo que contiene la bacteria con la semilla en un recipiente limpio. Para inocular un kilo de semilla primero se mezclan 100 ml de agua con 10 a 20 g de azúcar que sirve como adherente, luego se adiciona el kilogramo de semillas y 50 g de inóculo, se mezcla bien hasta que haya una buena distribución y cubrimiento. A las semillas inoculadas se agrega inmediatamente un material que la recubre como la Roca fosfórica para ayudar a secar y formar una capa o pellet que protege la bacteria. La cantidad depende del tamaño de las semillas; por ejemplo, se necesitan 300 g de Roca fosfórica para un kilogramo de semilla de mani forrajero y 400 g para un kilogramo de capica. Después de peletizar las semillas se deben dejar extendidas durante más o menos 20 minutos en la sombra para que se sequen. El ejemplo presentado para un kilo de semilla se hace para ver las dosis de cada elemento necesario para la inoculación, pero en términos prácticos, la inoculación debe hacerse por cada 5 kg de semilla. En lo posible preparar la cantidad de la semilla que se va a sembrar en el día.

Los criterios de fertilización para la introducción de leguminosas deben estar de acuerdo a los análisis de suelos. Las leguminosas forrajeras son exigentes en fósforo, calcio, magnesio, potasio y azufre. Sin embargo, el elemento más importante en la nodulación es el molibdeno, cuya deficiencia se puede corregir con la aplicación de 70 a 140 g/ha/año, (Bernal, 2003). Después de realizada la labranza, se mezclan los fertilizantes con las semillas de la leguminosa seleccionada, en una densidad de siembra de acuerdo al tipo de leguminosa. La mezcla de semillas y fertilizante se aplica al voleo en forma manual o con una voleadora mecánica; también se puede hacer la siembra con una encaladora o con sembradoras de mayor precisión. Es importante hacer la siembra inmediatamente después de realizada la labranza, especialmente cuando se realiza al voleo; de esta forma no se requiere tapar la semilla pues la misma lluvia se encarga de hacerlo, por estar el suelo suelto. De otra parte, una demora en la siembra de las leguminosas es permitir que la gramínea le tome ventaja a la leguminosa, que en la mayoría de los casos tiene un establecimiento lento.

Por el mayor tamaño de la semilla del mani forrajero, no es posible sembrarla con voleadora mecánica o con encaladora, porque por la poca abertura

en la salida de la mezcla de semillas y fertilizante, se corre el riesgo de partir la semilla; esta leguminosa puede sembrarse a "chuzo" como el maíz, o con una sembradora de granos. En cualquiera de los casos, la semilla debe quedar tapada para evitar posible deshidratación o que sea consumida por los pájaros, hormigas u otros insectos.

El maní forrajero es una leguminosa de alto valor nutritivo, buena producción de forraje y cobertura total del suelo; estas características forrajeras se ven reflejadas en una mayor producción animal y en una mejor conservación del recurso suelo. La capacidad de asociación con todas las gramíneas, el alto contenido de proteína y minerales, y sobre todo la alta persistencia, porque la planta posee sus puntos de crecimiento bien protegidos, estolones enraizados y buena reserva de semilla en el suelo (2000 a 2.500 semillas/ m²), hacen de esta leguminosa un material ideal para el establecimiento y para la recuperación de praderas.

Para la recuperación de *B. decumbens* con maní forrajero, se ha utilizado material vegetativo y semilla, con buenos resultados. En el C.I. Carimagua se evaluó la introducción de *A. pintoi* en una pradera degradada de *B. decumbens* con dos tratamientos de labranza:

- Dos pases de rastra en la pradera degradada y siembra de la leguminosa en surcos separados a 50 cm y plantas a 30 cm.
- Mínima labranza, que consistió en hoyado del sitio de siembra de la leguminosa en surcos separados a 50 cm y plantas a 30 cm. Como material de siembra se utilizó semilla y material vegetativo de leguminosa.

En la Tabla 18 se presenta la producción de forraje a los tres meses, después de la siembra. La producción de forraje de *B. decumbens* no presenta diferencias significativas al utilizar los dos tratamientos de labranza y los dos materiales de siembra; a los tres meses de iniciados los tratamientos la producción de forraje de la gramínea, en promedio, fue de 1200 kgMS/ha. En cambio, el maní forrajero sí presentó diferencias a favor de los dos pases de rastra (350 kgMS/ha) con respecto a la mínima labranza (40 kgMS/ha). En cuanto al uso de material vegetativo o semilla, no se presentaron diferencias significativas entre estos tratamientos, es decir que se puede utilizar cualquiera de los dos materiales logrando buenos resultados.

Para obtener buena población de leguminosas en una pradera desde los primeros meses de su introducción, se realiza la siembra de las leguminosas Kudzú y maní forrajero en forma simultánea; el Kudzú presenta buena disponibilidad en los dos primeros años y el maní forrajero, que es de establecimiento lento, con el transcurso del tiempo va mejorando su contenido en la asociación.

Tabla 18. Producción de forraje de *B. decumbens*, *A. pintoi* y otras especies en tratamientos de recuperación de praderas con mecanización y la introducción de la leguminosa, tres meses después de la siembra.

Sistema de establecimiento de <i>A. pintoi</i> en <i>B. decumbens</i>	Producción de forraje (kgMS/ha)		
	<i>B. decumbens</i>	Maní forrajero	Otras especies*
Dos pases de rastra - semilla	1120 a	305 a	159 a
Dos pases de rastra - material vegetativo	1552 a	292 a	115 a
Mínima labranza - semilla	1041 a	32 b	76 b
Mínima labranza - material vegetativo	1420 a	50 b	59 b

Promedios con letras iguales en la misma columna no difieren significativamente según la prueba de Tukey ($P < 0.05$).

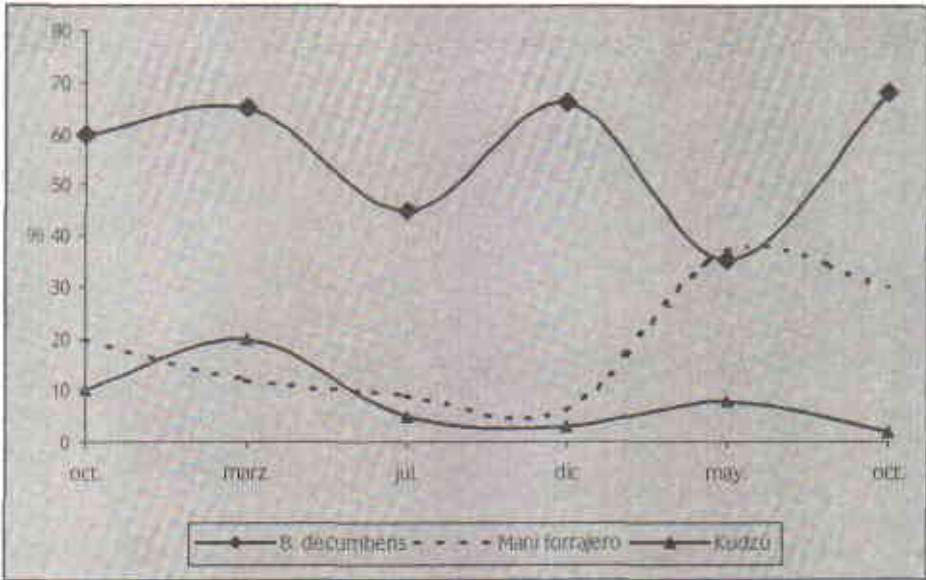
*Otras especies: Leguminosas nativas, *Mimosa pudica*, *Sidasp*. Estas especies no fueron sembradas, resurgieron con el laboreo mecánico.

Fuente: Corpoica, 1995.

En la Figura 6 se grafica la evolución de la composición botánica de una pradera de *B. decumbens* recuperada con la introducción de las leguminosas kudzú y maní forrajero. Durante el primer año de pastoreo, después de la siembra de estas, el contenido de kudzú estuvo entre 10 y 20% y luego decayó en el segundo año a menos de 10%; mientras que el maní forrajero durante el primer año el contenido en la pradera estuvo alrededor de 10%, pero después del segundo año este valor se incrementó a más del 30%.

La presencia de leguminosas en la pradera depende del éxito en el establecimiento, y del manejo del pastoreo. Se han presentado varios casos en los que el productor acostumbra a dejar "semillar" la gramínea después del establecimiento o renovación de la pradera, retrazando el reinicio del pastoreo; esta práctica permite una gran acumulación de biomasa de la gramínea, afectando drásticamente el desarrollo de la leguminosa, la cual presenta un crecimiento más lento que la gramínea especialmente en su fase de establecimiento; como consecuencia, la inversión que el productor hace con la siembra de leguminosas, se pierde por su rápida desaparición de la pradera. Por diferencias en fotosíntesis, las gramíneas tropicales (plantas C4) tienen una tasa de crecimiento mayor que las leguminosas, lo cual puede resultar en una supresión de la leguminosa si no se controla la gramínea (Pereira y Lascano, 1990).

En otros casos, se ha encontrado que después de un buen establecimiento de las asociaciones de *B. decumbens* o *B. dictyoneura* con maní forrajero, por el sobrepastoreo que se acostumbra hacer, especialmente cuando se maneja



Fuente: Rincón, 1999.

Figura 6. Dinámica de la composición botánica durante dos años, en una pradera de *B. decumbens* recuperada con la introducción de leguminosas. Finca Urania, Piedemonte del Meta.

la cerca eléctrica, al cabo de uno o dos años, la gramínea ha desaparecido. En cambio el *maní* forrajero se ha favorecido porque es una especie que resiste el sobrepastoreo, debido a que tiene sus puntos de crecimiento bien protegidos en rizomas y estolones anclados al suelo; además, produce buena cantidad de semilla en los primeros 10 cm del perfil del suelo que asegura su persistencia. Por otra parte, el *Brachiaria* tiene sus reservas orgánicas para producir nuevos rebrotes en los primeros 10 cm de altura del tallo, el cual es consumido por el animal cuando se hace sobrepastoreo. Ante estas circunstancias, es de gran importancia dejar suficiente forraje residual después del pastoreo, para que los pastos se recuperen rápidamente y se pueda conservar una buena proporción de gramínea y leguminosa en la asociación durante mucho tiempo.

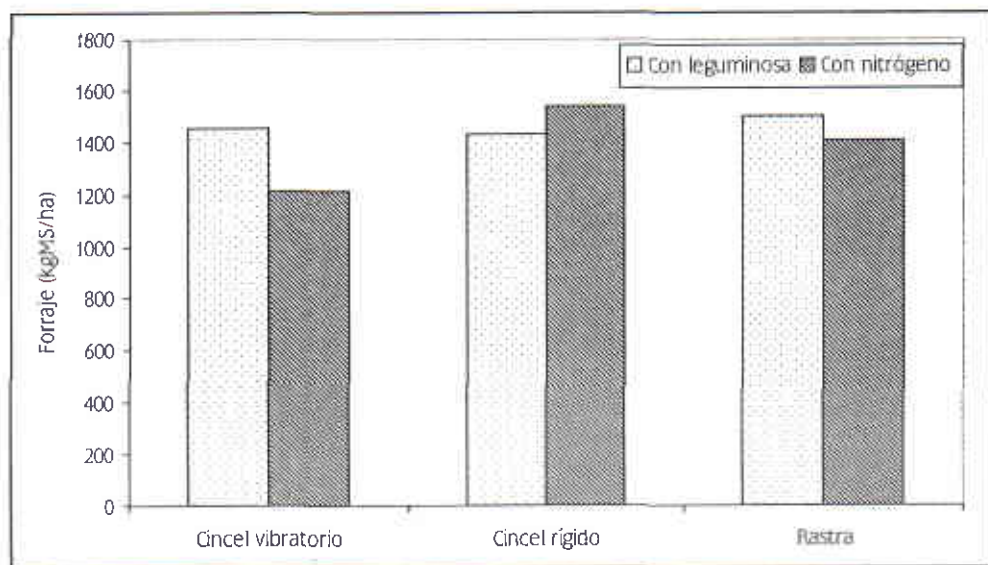
PRADERAS ASOCIADAS CON LEGUMINOSAS FRENTE A PRADERAS FERTILIZADAS CON NITRÓGENO

Con el fin de confirmar las bondades de las leguminosas, en el C.I. La Libertad se recuperó una pradera de 20 ha de *B. decumbens* con tres tratamientos de labranza (cincel vibratorio, cincel rígido y rastra). Además, la mitad del lote se sembró con las leguminosas *maní* forrajero y kudzú y la otra mitad, en lugar de leguminosas, se fertilizó anualmente con 50 kg/ha de nitrógeno.

Los dos lotes tuvieron una fertilización básica con 90 kg de Ca, 30 kg de P_2O_5 , 30 kg de K_2O , 20 kg de Mg y 7 kg de S por hectárea, cada año. La información sobre producción de forraje obtenida durante tres años, no presentó diferencias significativas ($P > 0.05$) en los sistemas de labranza, ni entre praderas fertilizadas con nitrógeno y praderas asociadas con leguminosas. Por consiguiente, se confirma que las leguminosas pueden reemplazar la fertilización nitrogenada, Figura 7.

Además de la buena producción de forraje que se puede obtener con la recuperación de praderas, la calidad del forraje del *B. decumbens* también se beneficia con efectos positivos en el contenido de proteína y algunos minerales. En evaluaciones realizadas en el Piedemonte llanero y en la Altillanura, el contenido de proteína en las hojas de *B. decumbens* pasó de un promedio de 5.5% en praderas de gramínea sola, a 8.5%, en las praderas asociadas y en las fertilizadas con nitrógeno (N), Tabla 19.

Es importante tener en cuenta la proporción de leguminosa en la pradera y su efecto en el contenido de minerales en la gramínea, por efecto de reciclaje. En praderas asociadas con un 30% de leguminosas en una finca de la Altillanura, el contenido de calcio y potasio fue superior al encontrado en el forraje de la gramínea del Piedemonte (C.I. La Libertad), en donde el contenido de la leguminosa en la asociación fue del 10%. Con un 0.32% de calcio en materia seca



Fuente: Rincón, 1999.

Figura 7. Producción de forraje en praderas de *B. decumbens* mejoradas con leguminosas y con fertilización nitrogenada, bajo tres sistemas de labranza. C.I. la Libertad.

Tabla 19. Calidad del *B. decumbens* en praderas asociadas con leguminosas y fertilizadas con nitrógeno en el Piedemonte Llanero (C.I. La Libertad) y en la Altillanura Colombiana (Finca Andremoni).

Indicador (%)	Piedemonte (10% de leguminosa)			Altillanura (30% de leguminosa)		
	B. dec + leguminosa	B. dec + Nitrógeno	B. dec Testigo	B. dec + leguminosa	B. dec + Nitrógeno	B. dec Testigo
Proteína cruda	6.8	8.1	5.5	8.5	8.7	6.0
Fibra en detergente neutro	56.6	61.3	50.3	57.4	62.7	65.3
Degradabilidad	78.2	72.8	65.7	75.4	73.5	67.2
Fósforo	0.17	0.14	0.10	0.21	0.18	0.13
Potasio	1.31	1.07	0.72	1.90	1.70	1.20
Calcio	0.18	0.24	0.18	0.32	0.30	0.21
Magnesio	0.16	0.21	0.14	0.22	0.18	0.16

Fuente: Rincón, 1999.

el *B. decumbens* cumplió con los requerimientos del ganado de ceba, lo que no sucedió en el Piedemonte donde solo fue de 0.18%. El otro elemento que presentó deficiencia fue el fósforo; sin embargo, el potasio y el magnesio se encontraron en contenidos adecuados para la nutrición animal. Las deficiencias de calcio en la gramínea fueron suplidas con la leguminosa ya que su contenido foliar fue de 0.95%, además de 18% de proteína, 0.47% de magnesio y 1.77 de potasio (Rincón, 1999).

A las praderas asociadas con leguminosas y las fertilizadas con nitrógeno, se les aplicó 90 kg de Ca, 30 kg de P_2O_5 , 30 kg de K_2O , 20 kg de Mg y 7 kg de S /ha.

Las evaluaciones realizadas en los suelos antes y tres años después de la introducción de leguminosas en una pradera de *B. decumbens*, demostraron que los contenidos de materia orgánica, calcio y magnesio en el suelo se incrementaron especialmente en donde la proporción de leguminosa fue mayor, Tabla 20. Estos resultados son más evidentes en praderas asociadas con mayor número de años bajo pastoreo, como una de *B. decumbens* con Maní forrajero en el C.I. Carimagua, que después de nueve años de introducida la leguminosa, las características del suelo mejoraron con relación a la materia orgánica al pasar de 2.4 a 3.4%, calcio de 0.37 a 0.89 meq/100 g, magnesio de 0.10 a 0.36 meq/100 g y potasio de 0.05 a 0.10 meq/100 g (Rincón, 1999).

El contenido de potasio tampoco se vio incrementado en el suelo en praderas asociadas con una edad no mayor de tres años, pero en praderas de mayor edad se observaron algunos incrementos. En general, los análisis en oxisoles en

Tabla 20. Evolución de las características químicas de los suelos en praderas asociadas de *B. decumbens* con diferentes contenidos de leguminosas en Fincas de los Llanos Orientales de Colombia.

Asociación ¹	pH	M.O (%)	P (ppm)	Ca	Mg	K	Sat. Al (%)
				(meq/100 g)			
B. decumbens + 10% de leguminosa							
Antes de la siembra ²	4.9	3.2	2.0	0.45	0.11	0.05	81
30 meses después ³	5.2	4.0	2.0	0.55	0.11	0.05	76
B. decumbens + 30% de leguminosa							
Antes de la siembra	4.7	3.5	4.0	0.35	0.09	0.15	82
30 meses después	5.0	4.2	2.0	0.48	0.11	0.06	75
B. decumbens + 45% de leguminosa							
Antes de la siembra	4.7	3.1	2.0	0.26	0.09	0.03	80
30 meses después	4.9	3.5	1.0	0.97	0.12	0.04	60
B. decumbens + 40% de leguminosa							
Antes de la siembra	4.8	2.4	1.0	0.37	0.10	0.05	80
9 años después	5.1	3.4	2.0	0.89	0.36	0.10	56

Fuente: Rincón, 1999.

¹ Asociación de *B. decumbens* con maní forrajero, con excepción de la pradera con 45% de leguminosa en donde también había kudzú.

² Antes de la siembra de la leguminosa en praderas degradadas de *B. decumbens*.

³ 30 meses después de la introducción de la leguminosa, manejada bajo pastoreo.

los Llanos Orientales, reportan bajo contenido de potasio; sin embargo, los contenidos de potasio en todos los forrajes (gramíneas puras, praderas asociadas, o gramíneas nativas) muestran niveles mayores de 0.6%, que cubren los requerimientos del ganado.

En las praderas que se han mejorado con la introducción de leguminosas y que se han caracterizado por su buen contenido y persistencia se han incrementado los niveles de materia orgánica, calcio y magnesio principalmente. Sin embargo, el fósforo no mejora su contenido en el suelo y en algunos casos disminuye. Estudios realizados por el CIAT (1993), determinaron la capacidad que tienen las leguminosas como el *A. pintoi* para adquirir una mayor cantidad de fósforo por unidad de superficie del suelo en comparación con las gramíneas, constituyéndose en un atributo importante que contribuye a la persistencia de la leguminosa en praderas asociadas bajo pastoreo.

Tabla 21. Ganancia de peso animal en praderas recuperadas de *B. decumbens* asociadas con leguminosas y fertilizadas con nitrógeno en el Piedemonte del Meta (C.I. La libertad) y en la Altillanura Plana (Finca Andremoni). Promedio de tres años de evaluación.

Pradera	Piedemonte del Meta (C.I. La Libertad)			Altillanura Plana (Finca Andremoni)		
	Novillas Sanmartinero ¹			Novillos Cebú comercial ²		
	Carga u.a./ha ³	g/ha/día	kg/ha/año	Carga u.a./ha	g/ha/día	kg/ha/año
<i>B. decumbens</i> + leguminosas	1.7	579	360	2.0	707	516
<i>B. decumbens</i> + nitrógeno	1.5	416	244	1.6	567	328
<i>B. decumbens</i> (testigo)	1.7	380	166	1.3	497	193

Fuente: Rincón, 1999.

¹ Promedios de 20 novillas, por cada tratamiento.

² Promedios de 15 novillos, por cada tratamiento.

³ 1 u.a. equivale a 400 kg de peso vivo.

Los beneficios de la asociación de gramíneas con leguminosas también se reflejan en una mejor productividad animal. En la Tabla 21 se presentan las ganancias de peso animal promedio de tres años; la tendencia en las dos localidades y en los dos tipos de animales es la misma. En el Piedemonte la evaluación se hizo con novillas de la raza criolla Sanmartinero y se obtuvo una ganancia de peso en las praderas asociadas superior en un 47% con respecto a las praderas fertilizadas con nitrógeno. En la Finca de la Altillanura con animales machos cebú comercial, esta diferencia fue de un 57% a favor de la pradera asociada. De otra parte, en estas praderas asociadas se obtuvo más de 100% de ganancia de peso animal, con respecto al testigo de *B. decumbens*, en las dos localidades.

El beneficio que se puede obtener con la aplicación de la tecnología descrita, se ha comprobado en fincas de productores del Piedemonte y la Altillanura colombiana. Después de aplicar los tratamientos de renovación y dar un manejo adecuado a las praderas recuperadas, con un pastoreo de acuerdo a la disponibilidad de forraje y a la composición botánica de la pradera y aplicar la fertilización de mantenimiento, es posible duplicar la producción ganadera de la región en la misma área y disminuir el periodo de ceba a la mitad de lo que el productor gasta en la actualidad. Es decir, la carga animal puede pasar de uno a dos animales por hectárea, la producción de carne de 150 a 500 kg/ha/año y el periodo de ceba para llevar un animal de 250 a 450 kilos, de 24 meses puede reducirse a 12 meses.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE UNA RECUPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE PRADERAS. ESTUDIO DE CASO

En la Tabla 22 se presenta la información económica promedia de varias fincas del Piedemonte, en donde se incluyen los costos de renovación en el primer año y los costos de mantenimiento durante el segundo año y posteriores. Además, se presentan los costos y análisis de una pradera testigo de *B. decumbens* con el manejo tradicional del productor.

Tabla 22. Análisis económico en praderas renovadas y praderas degradadas durante el primer y segundo año en el Piedemonte del Meta. 2006.

Concepto	Pradera Renovada		Pradera degradada
	Primer Año Renovación (\$/ha)	Segundo Año Mantenimiento (\$/ha)	Manejo Tradicional (\$/ha)
1. Costos variables			
Praderas:			
-Fertilizantes	150.000	100.000	
-Semillas	180.000		
-Maquinaria	280.000	40.000	
-Mano de obra	20.000	10.000	20.000
-Transporte	20.000		
-Herbicidas	30.000		
Subtotal	680.000	150.000	20.000
Animal:			
-Sal mineralizada	50.000	50.000	25.000
-Controles sanitarios	70.000	75.000	35.000
-Vaquero	40.000	43.000	20.000
Subtotal	160.000	171.000	80.000
Total costos variables:	840.000	321.000	100.000
2. Costos fijos:			
-Arrendamiento	288.000	305.000	144.000
-Asistencia Técnica (5% cv)	42.000	15.000	5.000
-Costo financiero (16% anual cv)	135.000	51.000	16.000
Total costos fijos:	465.000	371.000	165.000
Costos totales:	1.305.000	692.000	265.000
Ingresos (Ganado de carne):			
Producción de carne (kg/ha/año)	510	480	128
Ingreso bruto	1.322.000	1.296.000	332.800
Ingreso neto	72.000	604.000	67.800
Relación Beneficio/costo	1,05	1,87	1,25
Rentabilidad anual (%)	5,5	87,2	25,6

Los costos variables de la renovación de praderas con fertilización, labranza e introducción de leguminosas realizados en el primer año, fueron de \$680.000. Los costos variables de mantenimiento de las praderas en el segundo año, corresponden a la fertilización y su respectiva aplicación al pasto, por un valor de \$150.000/ha. En la pradera con el manejo del productor estos costos se reducen a un jornal/ha para el control de malezas en forma manual.

También se incluyeron los costos de manejo animal (carga de 2 animales/ha) como la droga veterinaria, sal mineralizada y mano de obra por un valor de \$160.000, en la pradera renovada. En el segundo año estos costos fueron incrementados en un 6%. Los costos de manejo animal en la pradera testigo se realizaron para una carga de 1 animal/ha y fueron de \$80.000/ha.

En los costos fijos, se incluyó el arrendamiento para dos animales en las praderas renovadas y un animal en la pradera testigo, se calculó con un costo de pastaje de \$12.000/animal/mes. También se tuvo en cuenta el costo de asistencia técnica y el costo financiero. Los costos fijos fueron de \$465.000, \$371.000 y \$165.000 para las praderas renovadas en el primer y segundo año y para la pradera testigo, respectivamente.

La producción de carne obtenida en la pradera renovada durante el primer año, fue de 510 kg/ha/año, que generaron un ingreso bruto de \$1.377.000/ha/año (valor de 1 kg de carne en pie: \$2.700), con los cuales se cubrió la totalidad de los gastos ocasionados, quedando \$72.000/ha como ingreso neto durante el primer año.

En el segundo año y posteriores, los costos de mantenimiento de praderas y animales fueron de \$321.000/ha, y los costos fijos sumaron \$371.000. Aunque los rendimientos de carne presentaron una ligera reducción (480 kg/ha/año) con respecto al primer año, la rentabilidad se incrementó en más tres veces con respecto al testigo correspondiente al manejo tradicional del productor, en donde los costos totales fueron de \$265.000/ha, y los ingresos netos de \$67.800.

RENOVACIÓN DE PRADERAS CON CULTIVOS

Las Sabanas de América tropical contribuyen en forma creciente a la producción de cultivos anuales, perennes y a la ganadería. Los sectores agrícola y ganadero han evolucionado en forma independiente, existiendo *muy poca integración espacial* o temporal entre ellos en trabajos en Finca, lo cual sugiere una de las hipótesis de trabajo más importantes para el

sostenimiento al menos del recurso suelo en las Sabanas, como es el desarrollo de sistemas que integren dichos sectores: los sistemas agropastoriles (Vera, 1999).

Para las condiciones limitantes de los suelos de la Altillanura colombiana, se han obtenido cultivos adaptados a la alta saturación de aluminio, con un buen desarrollo y producción bajo las condiciones agroecológicas propias de esta región. La mejor utilización de los diferentes materiales que se obtienen en el proceso de selección, es involucrarlos en un sistema de producción agropastoril en esta zona, donde el mayor potencial de explotación es la ganadería, con mayor viabilidad económica y ventajas comparativas sobre otras actividades. De los 3.5 millones de hectáreas de la Altillanura colombiana, el 94% está dedicado a la explotación pecuaria; el establecimiento de pastos introducidos ha tenido un auge importante en los últimos años. La alternativa de establecimiento y recuperación de praderas con cultivos es de gran viabilidad, según las experiencias obtenidas en experimentos y en áreas comerciales, en donde el maíz y el arroz secano son las especies que mejor resultado han dado en establecimiento y recuperación de praderas por su rusticidad y buen desarrollo en condiciones de alta saturación de aluminio.

• *Sistema arroz-pastos para la recuperación de praderas*

El sistema arroz-pastos permite recuperar una pradera degradada haciendo siembras simultáneas de arroz con una densidad baja de pasto (ej: 1 kg/ha) para obtener un repoblamiento del pasto principalmente en aquellas áreas descubiertas y que han sido invadidas por las malezas. En este caso, la preparación del suelo se inicia a comienzos de lluvias con uno o dos pases de cinceles, luego se aplican 300 kg/ha de Cal dolomítica y se incorpora con un pase de rastra. Otra forma de recuperar un área de bajo pastoreo, es cambiar el pasto degradado por otro pasto, en siembras simultáneas con arroz. Este caso es similar a un establecimiento del sistema arroz-pastos a partir de sabana (Rincón, 1993).

En el establecimiento del sistema arroz pastos en sabanas de la Altillanura, la preparación del suelo se recomienda iniciarla al final de lluvias con uno o dos pases de cinceles; la encalada y su incorporación se hacen a comienzo de lluvias del siguiente año. En recuperación o establecimiento de praderas se aplica la fertilización que consiste en 250 kg de Superfosfato triple, 100 kg/ha de Cloruro de potasio y 20 kg de Sulfato de zinc, en la siembra. A los 30 y 60 días después de la siembra se aplican 200 kg/ha de Urea y 100 kg/ha de Cloruro de potasio, repartidos en partes iguales en las dos fertilizaciones.



Asociación arroz-pastos

Para la siembra de las especies involucradas en el sistema, se han desarrollado máquinas que establecen en forma simultánea el cultivo de arroz y las especies forrajeras gramíneas y/o leguminosas. Los surcos del arroz quedan separados a 35 cm, y en medio va la especie forrajera, además aplica los fertilizantes localizados en el surco de arroz. Al no disponer de esta máquina, se han evaluado otras alternativas de siembra dependiendo de la maquinaria que disponga el productor. Una de estas alternativas es establecer y fertilizar el arroz con sembradora en surcos y aplicar las especies forrajeras al voleo; y en caso de disponer solamente de voleadora, se mezclan los fertilizantes, las semillas de las especies forrajeras y la semilla de arroz y se aplican con este implemento o en forma manual. Los resultados en producción de arroz, en la evaluación de estos dos sistemas de siembra en la Altillanura en áreas comerciales de 4 ha, permitió obtener 2.4 y 1.8 t. de arroz paddy por hectárea, respectivamente. Es decir, que aplicando todos los componentes al voleo, se producen 600 kg/ha menos, pero en los dos casos queda una pradera bien establecida (Corpoica, 1995).

Con la fertilización aplicada, se obtiene una buena cosecha de arroz y una pradera en excelentes condiciones a los cuatro meses de establecida la asociación. Lo anterior se puede comprobar con los resultados obtenidos en Carimagua, en donde se recuperó un área degradada de *Andropogon gayanus* cv. Carimagua, utilizando las siembras simultáneas de arroz con *B. decumbens* y con *B. dictyoneura*. En la Tabla 23 se presentan las producciones de arroz que superan las 3 t/ha de grano, rendimiento superior a las 2.5 t/ha que se han obtenido en siembras realizadas en sabana.

Tabla 23. Producción de grano y biomasa (hoja y tallo) de arroz, gramínea forrajera y maleza, en una pradera recuperada con la asociación de arroz-pastos en La Altillanura Plana (C.I. Carimagua).

Asociación	Arroz paddy (kg/ha)	Biomasa de arroz (kgMS/ha)	Gramínea forrajera (kgMS/ha)	Maleza (%)
Arroz con <i>B. dictyoneura</i>	3700	2352	780	11.8
Arroz con <i>B. decumbens</i>	3200	1836	1630	4.3

Fuente: Rincón, 1999.

El crecimiento más rápido del *B. decumbens* con respecto al *B. dictyoneura* ejerce alguna competencia sobre el arroz, lo cual es reflejado en el rendimiento superior de 0.5 t/ha más en las siembras con *B. dictyoneura*. Sin embargo, es importante considerar la buena producción de arroz, con los dos pastos, y un establecimiento del *B. decumbens* con amplia ventaja en producción de forraje (1630k kgMS./ha) con respecto al *B. dictyoneura* (780 kgMS/ha).

En condiciones del Piedemonte, en donde el sistema de arroz-pastos debe ser utilizado más en la recuperación que en el establecimiento de praderas de *B. Decumbens*, para su implementación, es necesario hacer algunos ajustes de tecnología para poder obtener buenos resultados. El desarrollo vigoroso del *B. decumbens* recuperado, gracias a la fertilización aplicada al arroz, puede ejercer alta competencia, principalmente por espacio y luz, en las primeras etapas de crecimiento del cereal, incidiendo en una merma sustancial en la producción del grano. Como alternativa de solución a este problema, se debe reducir las distancias de siembras del arroz a 17 cm entre surcos, en lugar de 35 cm como se ha venido realizando, e incrementar la densidad de siembra a 120 kg/ha de semilla de arroz.

La rentabilidad del sistema arroz-pastos ha sido comprobada en áreas comerciales de *B. dictyoneura*, Tabla 24. A los cuatro meses después de su establecimiento, en promedio se cosecha 2.5 t. de arroz paddy. Una vez cosechado el arroz se puede henificar la biomasa que expulsa la combinada, constituida por biomasa de la planta de arroz, gramínea y leguminosa forrajera; por hectárea se alcanzan a henificar 300 pacas de 10 kg cada una. La pradera puede ser utilizada inmediatamente después de la recolección del heno o un mes después, con ganancias de peso de 450 g/animal/día y una carga de dos animales por hectárea en época seca.

Tabla 24. Productividad de una pradera establecida con la asociación arroz-pastos en un periodo de 18 meses en la Altillanura colombiana. 2006.

Producto	Rendimiento (kg/ha)	Costo (\$/ha)	Ingreso bruto (\$/ha)	Ingreso neto (\$/ha)
Arroz (0-4 meses)	2.500	1.800.000	1.400.000	-400.000
Heno (4 mes)	3.000	300.000	900.000	700.000
Carne primer pastoreo (5-9 meses)	108	60.000	291.600	231.600
Semilla de pasto (9-12 meses)	80	900.000	1.600.000	700.000
Carne segundo pastoreo (12-18 meses)	225	80.000	607.500	527.500
Total		3.040.000	4.799.100	1.759.100

Fuente: Adaptado de Rincón, 1993.

Si la siembra se realiza en agosto, la cosecha del arroz y del heno se realizarían en diciembre y el primer pastoreo sería de enero hasta marzo, para luego iniciar las actividades de producción de semilla de pasto, la cual se cosecha entre los meses de junio y julio con unos rendimientos promedios de 80 kg/ha de semilla escarificada. Luego se continua con el pastoreo con cargas altas (2.5 animales/ha) por la alta disponibilidad de forraje presente después de la cosecha de semilla de pasto y unas ganancias de 500 g/animal/día, (Rincón, 1993).

• El cultivo de Maíz en la recuperación de praderas

La utilización del maíz, para recuperar praderas, tiene grandes posibilidades en el Piedemonte llanero dado el gran número de hectáreas (800.000 aproximadamente) en proceso de degradación. En la Altillanura plana la asociación de maíz-pastos es una buena alternativa para el establecimiento de praderas y para mejorar aquellas que ya se establecieron y se encuentran degradadas. Este sistema trae beneficios al suelo porque mejora su fertilidad, al pasto porque se obtienen mayores producciones de biomasa de mejor calidad y al productor porque con la cosecha del cultivo cubre en gran medida los costos de la renovación de la pradera y gracias a la disponibilidad de mejores pastos, la productividad animal es mayor en un tiempo más corto, (Rincón, 2006).

Antes de iniciar la labranza, debe realizarse un pastoreo con alto número de animales con el fin de disminuir la biomasa en el terreno y así facilitar la acción de los implementos. Inicialmente es necesario hacer un pase de rastra para reducir la cobertura del pasto y brindar mejores condiciones para la acción

de los cinceles, los cuales deben trabajar a una profundidad mínima de 25 cm. Posteriormente se deben aplicar las enmiendas (mezcla de Cal dolomítica, Roca fosfórica y Yeso agrícola), las cuales deben ser incorporadas con un pase de rastra. Finalmente, se hace un pase de pulidor para dejar el terreno en condiciones adecuadas para la siembra. El número de pases de cada implemento puede variar de acuerdo a la cantidad de biomasa presente en el área antes de la labranza y a la textura del suelo. Suelos con mayor contenido de arcilla generalmente exigen un mayor grado de labranza, (Rincón, 2006).

Las enmiendas y fertilizantes a aplicar, se deben calcular de acuerdo a los resultados del análisis químico de los suelos y a las exigencias de estos cultivos en suelos ácidos. La Cal dolomítica, la Roca fosfórica y el Yeso agrícola se usan como enmienda, para reducir la saturación de aluminio y para corregir las deficiencias de calcio, fósforo, magnesio y azufre de estos suelos. Por tratarse de productos naturales de bajos costos y de lenta solubilidad, son recomendados para los pastos, los cuales deben ser considerados como un cultivo perenne. Estos tres insumos pueden ser mezclados y aplicados 45 días antes de la siembra, tiempo durante el cual se desarrollan los procesos químicos en el suelo que permitirían tener unas mejores condiciones de saturación de bases para el desarrollo del maíz. La aplicación de la Roca fosfórica obedece a la alta deficiencia de este elemento en los oxisoles y a la necesidad de tener una reserva en el suelo para ser aprovechada por los pastos, ya que por la lenta solubilidad de ésta, el fósforo no estaría disponible para suplir las necesidades del cultivo de maíz, para lo cual se debe aplicar una fuente más soluble como el fosfato diamónico (DAP), fertilizante rápidamente disponible, (Rincón, 2006).

Las cantidades a aplicar por hectárea pueden variar teniendo en cuenta los siguientes rangos: 1500 a 2000 kg de Cal dolomítica, 400 a 600 kg de Roca fosfórica, 300 a 500 kg de Yeso agrícola, 150 a 200 kg de Fosfato diamónico, 100 a 150 kg de Urea, 100 a 200 kg de Cloruro de potasio y 20 kg de Borozinco.

El Fosfato diamónico, Borozinco y mitad del Cloruro de potasio se aplican en el momento de la siembra del maíz; posteriormente, a los 15 días, se fertiliza con el 50% de la Urea y el otro 50% del Cloruro de potasio y finalmente, a los 35 días después de la siembra, se aplica el otro 50% de la Urea.

Para el establecimiento de la asociación se pueden utilizar los híbridos de maíz disponibles en el mercado como el CORPOICA H-108, Master, etc., en una densidad de siembra de 25 kg/ha. Las especies forrajeras que se pueden establecer en estos sistemas son el *Brachiaria brizantha* cv. Toledo y cv. Marandú, *B. decumbens* cv. Amargo y *B. dictyoneura* cv. Llanero. En suelos de mejor fertilidad se pueden establecer las variedades de *Panicum maximum* cv. Tanzania, Bombaça. Para mejorar la calidad del forraje se puede sembrar la leguminosa

PARQUE NACIONAL DE LA SERRA DE LA NEBLINA

Pueraria phaseoloides cv. Kudzú. Las densidades de siembra de las especies forrajeras deben ser de 4 kg/ha de semilla de gramínea y de 3 kg/ha de semilla de kudzú.

El maíz se siembra en surcos separados a 80 cm con cinco a seis plantas por metro lineal, con una máquina sembradora-abonadora, la cual deposita la semilla a una profundidad promedio de 3 cm y el fertilizante de establecimiento (fósforo + potasio + zinc) en el mismo surco del maíz, a una profundidad promedio de 5 cm. La gramínea y la leguminosa forrajera se pueden establecer inmediatamente después de realizada la siembra del maíz, con otra sembradora en surcos separados a 50 cm, en sentido perpendicular a la siembra del maíz. La siembra de los forrajes también se puede realizar con voleadora, mezclando previamente las semillas con 100 a 200 kg/ha de Roca fosfórica para lograr una mejor distribución en el lote.

Las plagas que se presentan en la asociación son las que tradicionalmente atacan al cultivo de maíz, porque no se ha visto que las plantas de pasto sean afectadas por alguna en el establecimiento en asocio con el cultivo de maíz. Estas plagas se presentan con mayor incidencia durante el segundo semestre, las cuales pueden ser controladas mediante un programa oportuno fundamentado en un control integrado por el control biológico, control químico con inhibidores de quitina y por medio de trampas para atraer adultos.

Cuando la asociación ha cumplido una edad de 120 días, y el grano de maíz tiene un contenido de humedad de 20%, se puede iniciar la cosecha del maíz con combinada en áreas grandes o en forma manual en lotes pequeños. Con una humedad de 20% en el grano de maíz a nivel experimental se han obtenido entre 5 y 5.5 t/ha de grano de maíz, en tanto en áreas comerciales este rendimiento ha estado entre 4 y 4.5 t/ha. La disponibilidad de forraje de pasto en el momento de la cosecha del maíz, está relacionada con la especie; con pastos de alto potencial de producción como el Toledo y el Mulato, se han obtenido 4.5 t.MS/ha, mientras que con especies menos exigentes y con menor tasa de crecimiento, se han obtenido 3.7 t.MS/ha. Por otra parte, en la pradera quedan 5.5 t/ha de residuos de planta de maíz, los cuales formarán parte del reciclaje en el sistema, (Rincón, 2006).

La disponibilidad de forraje conformada por una mezcla de pasto y plantas de maíz que queda después de cosechado el grano, puede ser aprovechada para la alimentación de bovinos de dos formas:

- Mediante la cosecha de este forraje para conservarlo en ensilaje para alimentar los animales en épocas de déficit o exceso de agua. Por ejemplo, la biomasa total obtenida expresada en materia seca es en promedio

de 5.7 t/ha (la biomasa total es de 9,5 t/ha, de las cuales, 4 t/ha son de pasto y 5.5 t/ha son de planta de maíz; por efecto de las ruedas de la combinada sobre el pasto, el 40% de esta biomasa no puede ser aprovechada), la cual puede servir para alimentar a 6 novillos de 400 kg durante 3 meses de época seca, suministrando 10 kg/animal, (Rincón, 2006).

- El forraje disponible también puede ser cosechado directamente por el animal, para lo cual se puede utilizar un alto número de animales para controlar en forma rápida el crecimiento del pasto y así evitar la maduración de éste, que puede afectar el consumo por pérdida de proteína y aumento de la pared celular.

Para el pastoreo se utilizan animales para la producción de carne y/o leche con un número que se calcula de acuerdo a la disponibilidad de forraje. La recomendación es que por cada 100 kg de peso vivo el animal debe disponer de 3.5 kg de forraje seco o aproximadamente 10.5 kg de forraje verde. De acuerdo a esto, un animal de 400 kg de peso debe disponer de 14 kg diarios de forraje seco (42 kg de forraje verde). Se ha encontrado que estas praderas producen en promedio 1300 kg de forraje seco en un periodo de descanso de 30 días. Por consiguiente, con esta disponibilidad de forraje se puede mantener a tres animales por hectárea con un peso de 400 kg/animal (1200 kg/ha de peso vivo).

En ganado de ceba, las ganancias de peso promedio anual en praderas establecidas con el cultivo de maíz, oscilan entre 500 y 600 g/an/día; con una carga de 3 animales/ha la productividad anual ha sido de 550 a 650 kg/ha/año.

- ***Establecimiento y recuperación de praderas mediante el sistema soya-pastos***

El establecimiento o recuperación de praderas con el cultivo de la soya cv. CORPOICA Taluma 5, se presenta como una nueva alternativa para obtener praderas bien establecidas con alta producción de forraje en un tiempo de 67 a 72 días y brinda la posibilidad de obtener una alta disponibilidad de biomasa de soya + pasto que puede ser conservada en ensilaje para la alimentación de los bovinos en épocas de baja disponibilidad de forraje de pastoreo por déficit o exceso de agua.

Para la generación de recomendaciones apropiadas para un buen establecimiento y desarrollo de la asociación de soya CORPOICA Taluma 5 y los pastos, se han desarrollado trabajos de campo cuyos resultados contribuirán a un buen uso de estos recursos para la producción ganadera de la región (Valencia et al., 2006).

Para mejorar las praderas, la labranza se realiza previa eliminación de la biomasa vegetal con el fin de facilitar la labor de los implementos. La forma más práctica de controlar la biomasa vegetal es mediante un pastoreo con alto número de animales. La labranza se debe realizar de acuerdo a las exigencias del cultivo de soya, y a la textura del suelo. Generalmente, se inicia con un pase de rastra que facilite posteriormente la labranza vertical mediante el uso de cinceles. Esta actividad debe ser complementada con un pase de rastra para incorporar las enmiendas que es necesario aplicar en los oxisoles y finalmente brindar las condiciones adecuadas para la siembra mediante un pase de pulidor.

Para aumentar la saturación de bases y mejorar la disponibilidad de los minerales deficientes como el fósforo y azufre, antes de la siembra se deben aplicar las enmiendas utilizando como fuente la Cal dolomítica, la Roca fosfórica y el Yeso agrícola en dosis que deben ir de acuerdo a los resultados del análisis de suelo. Estos insumos además de brindar las condiciones adecuadas para el cultivo de soya, contribuirán a un mejor desarrollo del pasto por el aumento de calcio, magnesio, fósforo y azufre en el suelo, necesario para el buen desarrollo de los pastos y por el mayor contenido foliar indispensable para la alimentación de los bovinos. Otros fertilizantes aplicados en el momento de la siembra como el Superfosfato triple, Cloruro de potasio y microelementos, deben formularse de acuerdo a los requerimientos del cultivo de la soya teniendo en cuenta las características químicas de los suelos.

A los 45 días de la incorporación de las enmiendas, se realiza la siembra en una densidad de 100 kg/ha de semilla de soya, y de 4 kg/ha de semilla del pasto. La siembra de la soya debe realizarse en surcos separados a 17 cm. En tanto el pasto puede sembrarse en surcos separados entre 30 y 50 cm o al voleo. Cuando la soya se establece a mayores distancias de siembra o al voleo, se afecta la producción de biomasa de la asociación. La semilla de soya debe ser inoculada con 10 g de la cepa ICA J-01, por cada kilo de semilla.

La cosecha del forraje compuesto por la mezcla de soya y pasto, se debe realizar a los 67-72 días después de la siembra, momento en el cual la soya ha finalizado su periodo vegetativo y ha empezado a producir vainas. El corte del forraje debe hacerse con una cosechadora de cultivos densos y posteriormente este forraje picado se almacena en silos para su conservación y posterior utilización para la alimentación de los bovinos o los cerdos. La producción obtenida en promedio ha sido de 20 t/ha de forraje verde, compuesto por la mezcla de leguminosa y gramínea, con alta calidad nutritiva cuyos valores promedios han estado en 14% de proteína cruda, 50% de FDN y 69% de digestibilidad (Valencia et al., 2006).

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, A. 1992. Evaluación agronómica de métodos de renovación de praderas de *Brachiaria decumbens* en el Piedemonte Llanero. Instituto Colombiano Agropecuario - ICA. Villavicencio, Meta (Datos sin publicar).
- Aidar, H. e Kluthcouski, J. 2003. Evolucao das actividades lavoureira e pecuaria nos Cerrados. En: Integracao Lavoura - Pecuaria. EMBRAPA, Arroz e Feijao. Ed. Kluthcouski, J., Stone, L. F y Aidar, H. San Antonio de Goias, Brasil, pp. 23-59.
- Alexandre, G. y Cruz, P. 1992. Reorientación de la temática de investigación sobre sistemas a base de pastos en las Antillas. Revisión y Proposiciones. En: IX Seminario científico nacional y I Hispanoamericano de Pastos y Forrajes de la EEPF Indio Hatuey, Matanzas. Resúmenes, pp. 179- 180.
- Andrew, C. S. and Vander- Berg. 1973. The influence of aluminum on phosphate adsorption by whole plants and excised roots of some pasture legumes. Aust. J. Agric. Res. 24. 341-351.
- Argel, P. J. y Veiga da J. B. 1988. Manejo de la competencia de malezas en el establecimiento y recuperación de praderas. Primera reunión de la RIEP-CAC. Veracruz, México, Noviembre 17 al 19 de 1988. 22 p.
- Arruda, N. G.; Cantarutti, R. B. y Moreira, E. M. 1987. Tratamientos fisico-mecánicos e fertilizacáo na recuperacáo de pastagens de *Brachiaria decumbens* em solos de tabuleiro. Praderas tropicales. Boletín 19(3): 36-39. Itabuna, Brasil.
- Ayarza, M. A. 1988. Efecto de las propiedades químicas de los suelos ácidos en el establecimiento de las especies forrajeras. En: Establecimiento y renovación de pasturas. Ed. C. E. Lascao y J. Spain. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. Sexta Reunión del Comité Asesor. Centro Internacional de Agricultura tropical CIAT, Cali, Colombia, pp. 161-186.
- Bernal, J. E. 2003. Pastos y forrajes tropicales, producción y manejo Ed. Ángel Agro-Ideagr. Bogotá, Colombia. 702 p.
- Botero, R. 1997. Fertilización racional y renovación de praderas mejoradas en los suelos ácidos tropicales. III Seminario sobre manejo y utilización de pastos y forrajes. UNELLE, pp. 1-14.
- Bradley, R. y Valdés, M. 1988. Manejo del ambiente microbiológico del suelo. En: Establecimiento y renovación de praderas. Memorias VI reunión del comité asesor de la RIEPT. Veracruz, México, pp. 209-236.
- Brito, S. A. 1982. Determinacáo de danos da cigarrinha das pastagens (Deois incompleta) a *Brachiaria humidicola* e *B. decumbens*. Circular Técnica No. 27, Centro de pesquisa do Trópico umido EMBRAPA, Belem, Pará. 19 p.
- Buelvas, P. M. 1984. Efecto del método de establecimiento del Kudzú en la duración y producción de una mezcla con *Brachiaria decumbens*. PEG. Universidad Nacional - ICA. Bogotá, Colombia. 48p.

- Bueno, G. A. 1988. Evaluación de especies arbóreas y alternativas forrajeras para la Altillanura colombiana. Informe técnico No. 10. CORPOICA-Pronata. Villavicencio, Meta. 63 p.
- Cadish, G.; Carvalho, E.; Sueth, A.; Vilela, L.; Soares, W. and Spain, J. 1985. The importance of legum - fixation in sustainability of pastures in the Cerrados of Brazil. Embrapa - CPAC, Brasília, Brasil. 11 p.
- Calderón, M. y Varela F. 1982. Descripción de las plagas que atacan los pastos tropicales y características de sus daños. Guía de estudio serie 04SP-03.01. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. 52 p.
- Cantarutti, R. B.; Arauda, N. G.; Moreira, E. M. 1985. Eficiencia dos macronutrientes na recuperacao de pastagens de *Brachiaria decumbens* Staff. Informe de Pesquisas de 1983. Ilhéus, Brasil, pp. 282-284.
- Carvalho, S. I. C. De.; Vilela, L.; Spain, J. M. y Karia, C. T. 1990. Recuperacao de pastagens degradadas de *Brachiaria decumbens* na regio dos Cerrados. Praderas Tropicales, Vol. 12, No. 2. Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, Cali, Colombia, pp. 22-28.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1981. Programa de pastos Tropicales, informe anual. Cali, Colombia.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1982. Descripción de las plagas que atacan los pastos tropicales y características de sus daños. Guía de estudio para ser usada como complemento de la unidad audiotutorial sobre el mismo tema. Contenido Científico: Calderón, M. y Varela, F. A. Cali, Colombia. 56 p.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1983. Oxisoles y ultisoles de América Tropical. Distribución, importancia y propiedades físicas. Guía de estudio para ser usada como complemento de la unidad audiotutorial sobre el mismo tema. Contenido Científico: Salinas J. G. Valencia, C. A. Cali, Colombia. 56 p.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1984. Selección y evaluación de pastos tropicales en condiciones de alta concentración de aluminio y bajo contenido de fósforo disponible. Guía de estudio para ser usada como complemento de la unidad audiotutorial sobre el mismo tema. Contenido Científico: Salinas J. G. Sanz, J. I. Cali, Colombia. 56 p.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1986. Manejo de la fertilización fosfatada de pastos tropicales en los suelos ácidos de América Latina. Guía de estudio para ser usada como complemento de la unidad audiotutorial sobre el mismo tema. Contenido Científico: Salinas J. G. León, L. A. Cali, Colombia. 56 p.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1990. Programa de Pastos Tropicales, informe anual. Cali, Colombia.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1993. Informe bianual 1992-1993. Programa de forrajes Tropicales. Documento de trabajo No. 136. Cali, Colombia.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1999. Informe anual 1999. Convenio CIAT - MADR, Colombia. Meta 4, Gramíneas y leguminosas tropicales, Proyectos CIAT: IP5 y PE5. Cali, Colombia. 74 p.

- Clarkson, D. T. 1965. The effect of aluminum in some other trivalent cations on cell division in root apices of *Allium cepa*. Ann. Bot. 28: 309-315.
- Combs, S. M. 1999. Cuánto nitrógeno queda cuando se incorporan leguminosas al suelo. Hoard's Dairyman. 65 p.
- CORPOICA (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria), 1995. Informe de actividades año 1995. CRECED de La Altillanura. Puerto López, Meta. 34 p.
- CORPOICA (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria), 1998. Informe de actividades. 1998. Investigación Pecuaria. C-I. La Libertad 78 p.
- Cuesta, P. A. 1995. Fundamentos de manejo de praderas tropicales en sistemas de producción bovina. Corporación Colombiana de investigación Agropecuaria, CORPOICA. Santafé de Bogotá. 17 p.
- Dávila, G.; Guerrero R. y Rojas, E. 1998. Disponibilidad de potasio en algunos suelos palmeros de los Llanos Orientales de Colombia. Suelos Ecuatoriales. Vol. 28, pp. 71-80.
- Del Pozo P. P. 1998. Análisis del crecimiento del pasto Estrella (*Cynodon nlemfuensis*) bajo condiciones de corte y pastoreo. (Tesis de Doctorado). La Habana: ICA, UNAH.
- Do Nascimento, D.; Savio, D. y Dos Santos M. V. 1994. Degradação das pastagens e critérios para avaliação. Anais do 11 Simposio sobre Manejo da pastagem. Vicosá, Brasil, pp. 107-151.
- Doll, Y.; Argel, P. J. y Gómez, C. 1989. Principios básicos para el manejo y control de malezas en praderas. Centro Internacional de Agricultura tropical - CIAT. Serie 04SW-03-01. Cali, Colombia. 58 p.
- Dubeaux, J. C.; Quadros, H. S. e Sollengberg, L. E. 2004. Ciclagem de nutrientes. Perspectivas de aumento da sustentabilidade da pastagem manejada intensivamente. En: fertilidade do solo para pastagens produtivas, Anais do 21 simposio sobre manejo da pastagem. Ed. C. G. Silveira, J. C. de Moura, U. P. de Faria. Fundação de Estudos Agrários Luis de Queiroz-FEALQ, Piracicoba, Brasil pp. 357-400.
- Foy, C. D. 1992. Soil chemical factors limiting plant root growth. Adv. Soil Sci. 19: 97-149.
- Gomes, D. M.; Vilela, L.; Lobato, e Vieira, W. 2001. Uso de gesso, calcario e adobos para pastagens no Cerrado. EMBRAPA, Cerrados, Planaltina, Brasil. 22 p.
- Hammond, L. L.; León, L. A. y Restrepo, L. G. 1982. Efecto residual de las aplicaciones de siete fuentes de fósforo sobre el rendimiento de *B. decumbens* en un oxisol de Carimagua. Suelos Ecuatoriales, Volumen XII. No. 2. Bogotá, Colombia, pp. 196-206.
- ICA (Instituto Colombiano Agropecuario). 1989. Programa Pastos y Forrajes, Informe Anual C. I. Carimagua.
- IMAT (Instituto de meteorología y adecuación de tierras). 1995. Anuario Meteorológico.
- Jiménez, N. C.; Torregroza, L.; Peck, D.; Negrete, F.; Medina, J. W.; Pérez, A. M.; Reza S.; Cuadrado, H.; Pérez J.E. y Ochola, A. 2001. Manejo integrado del mión de los pastos en la región Caribe Colombia. Cartilla ilustrada No. 1. CORPOICA-FEDEGAN. Cereté, Córdoba. Colombia. 44 p.
- Keller-Grein, G.; Maass, B. L. y Hanson, J. 1998. Variación natural de *Brachiaria* y Bancos de germoplasma existentes. En: *Brachiaria: Biología, Agronomía y Mejoramiento*. Ed. J.

- W. Miles, B. L. Maass y C. B. do Valle. Centro Internacional de Agricultura tropical CIAT, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria - EMBRAPA. Cali, Colombia, pp.18-45.
- Lapointe, S. L. y Ferrufino, A. C. 1988. Plagas que atacan los pastos durante su establecimiento. En: Establecimiento y renovación de pasturas. Ed. C. E. Lascao y J. Spain. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. Sexta Reunión del Comité Asesor. Centro Internacional de Agricultura tropical CIAT, Cali, Colombia, pp. 81-102.
- León, G. 1996. El Grillo de los Llanos Orientales. Biología, hábitos y recomendaciones para su manejo. *Boletín Técnico, Corpoica*, C. I. La Libertad, Villavicencio.
- McDowell, L. R.; Conrad, J. H.; Ellis, G. L. y Loosli J. K. 1994. Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales. Departamento de ciencia animal Centro de Agricultura Tropical Universidad de Florida, Gainesville y Agencia de los Estados Unidos para el desarrollo internacional. 92 p.
- Miles, J. W. y do Valle, C. 1998. Manipulación de la apomixis en el mejoramiento de *Brachiaria*. En: *Brachiaria: Biología, Agronomía y Mejoramiento*. Ed. J. W. Miles, B. L. Maass y C. B. do Valle. Centro Internacional de Agricultura tropical CIAT, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria - EMBRAPA. Cali, Colombia, pp 181-195.
- Navas, G. 1994. Evaluación de la población de mapuro o chinche hediondo *Scaptocoris Minor* (Hemiptera: cynidae) en cuatro especies de *Brachiaria* en Villanueva (Casanare). Achagua 1:3. Corporación Colombiana de investigación Agropecuaria CORPOICA. Villavicencio, Meta, pp.14-22.
- NRC, 1989. Nutrient Requirements of Domestic Animals. Nutrient requirements of dairy Cattle (Sixth edition) National Academy of Sciences – National research Council. Washington D.C.
- Ospina, J. C. 1997. La compactación de los suelos dedicados a la ganadería. *Casta Ganadera*, No. 34, pp. 24-25.
- Paretas, J. J.; García, R. 1988. Factores que originan el deterioro de los pastizales. Compendio de conferencias periódicas, Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey. Matanzas. Cuba, pp. 83-89.
- Pereira, J. M. y Lascano C. 1990. Manejo del pastoreo en el periodo de formación de la pradera. Centro Internacional de Agricultura Tropical- CIAT. Cali, Colombia. 12 p.
- Pérez, R. y Acosta, A. E. 1988. Informe anual de actividades, Programa Pastos y Forrajes. Instituto Colombiano Agropecuario ICA. C. I. La Libertad, Villavicencio. Meta. 77 p.
- Pinzón, A. y Amézquita, E. 1987. Compactación de suelos por el pisoteo de animales en pastoreo en el Piedemonte amazónico de Colombia. *Praderas tropicales*, 12(1). Cali, Colombia, pp. 21-26.
- Prociatrópicos, 1993. Regeneración y manejo sostenible de los suelos degradados de las sabanas: una estrategia para la preservación del medio ambiente. Perfil del proyecto. 63 p.
- Rao, I. M.; Kerridge, P. C. y Macero, C. M. 1998. Requerimientos nutricionales y adaptación a los suelos ácidos de especies de *Brachiaria*. Ed. J. W. Miles, B. L. Maass y C. B. do Valle. Centro Internacional de Agricultura tropical CIAT, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria - EMBRAPA. Cali, Colombia, pp. 58-78.

- Rincón, A. 1990. Recuperación de *Brachiaria decumbens* y mejoramiento nutritivo de *Brachiaria humidicola* con base en *Arachis pintoi*. SIALL (Sociedad de Ingenieros Agrónomos del Llano), Vol. 7, No. 3, pp. 70-74.
- Rincón, A. 1992. Evaluación de cuatro asociaciones de *Brachiaria sp.* con leguminosas bajo pastoreo en la Altillanura bien drenada de Colombia. 1ª Reunión de Sabanas RIEP. Documento de Trabajo No. 17, Brasilia, Brasil, pp. 565-570.
- Rincón, A. 1993. Establecimiento de praderas por el sistema arroz- pastos. Carta Ganadera, Vol. XXX, N° 2, pp. 12-17.
- Rincón, A. 1999. Validación ajuste y transferencia de tecnología en la recuperación de praderas degradadas en fincas de productores del Piedemonte del Meta y de la Altillanura Colombiana. Informe final. CORPOICA- PRONATTA. Villavicencio, Meta. 37 p.
- Rincón, A. 2006. Potencial productivo y aspectos fisiológicos de los pastos tropicales bajo condiciones de manejo intensivo como alternativa para recuperar praderas en suelos ácidos del Piedemonte llanero. Informe final. Proyecto. CORPOICA. Colciencias, Villavicencio, Meta. 130 p.
- Robbins, G. B.; Rickert, K. G. y Humphreys, L. R. 1986. Productivity decline in sown tropical grass pastures With age: The problem and possible solutions. Proceedings of the Australian Society of Animal production 16: 319-322.
- Saif, S. 1987. Growth responses of tropical forage plant species to vesicular-arbuscular mycorrhizae: Growth, mineral uptake and mycorrhizal dependency. Plant and soil 97: 25-35.
- Salinas, J. G. 1987. Experiencias sobre recuperación de áreas degradadas con praderas en trópico húmedo. Curso taller sobre establecimiento y producción de praderas en la selva peruana, Pucallpa, Perú. CIAT. Cali, Colombia, pp. 161-186.
- Salinas, J. G. 1989. Fertilización de pastos en suelos ácidos de los Trópicos. Centro Internacional de Agricultura Tropical. CIAT. Cali, Colombia, 215 p.
- Salinas, J. G. y García, R. 1985. Métodos químicos para el análisis de suelos ácidos y plantas forrajeras. Centro Internacional de Agricultura Tropical. CIAT, Programa de Pastos Tropicales. Cali, Colombia. 83 p.
- Serrano E. A. y Toledo, J. M. 1990. The search of sustainability in Amazonian pastures. En: Alternatives to deforestation: Steps towards Sustainable use of Amazonian rain forest. De. A. B. Anderson, New York, Univ. Pres. 115 p.
- Soares, C. V.; Monteiro, F. A. y Corsi, M. 1992. Recuperacao de pastagens degradadas de *Brachiaria decumbens*. Efeito de diferentes tratamientos de fertilizacao e manejo. Praderas tropicales, Vol. 14, No. 2. Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, Cali, Colombia, pp. 2-6.
- Spain, J. M. y Salinas, J. G. 1985. Reciclaje de Nutrientes en pastos Tropicales CIAT. Cali, Colombia. 47 p.
- Spain, J. M.; Gualdron, R. 1985. Rehabilitación de praderas. CIAT. Cali, Colombia. 11 p.
- Spain, J. M.; Gualdron, R. 1988. Degradación y rehabilitación de pasturas. En: Establecimiento y renovación de pasturas. Ed. C.E. Lascao y J. Spain. Red Internacional de

- Evaluación de Pastos Tropicales. Sexta Reunión del Comité Asesor. Centro Internacional de Agricultura tropical CIAT, Cali, Colombia, pp. 269-284.
- Thomas, R. J. 1995. Role of legumens in providing N for sustainable tropical pasture system. *Plant and soil*. 174: 103-118.
- Torres, J. E. 1984. Plantas tóxicas para el ganado (tercera parte). Carta ganadera, Vol. XXI, No. 7. Bogotá, Colombia, pp. 15-27.
- URPA, Meta. 1997. Informe de Coyuntura. Secretaría de agricultura del Departamento del Meta. Villavicencio. 44 p.
- Valeiro, R. J. y Werner, K. W. 1995. Proposicao para o manejo integrado das cigarrinhas das pastagens. primerra reimnpr. Campo Grande: EMBRAPA-CNPQC. Documentos 52. 37 p.
- Valeiro, R. J.; Lapointe, S. L.; Kelemu, S.; Fernández, C. D. y Morales, F. J. 1998. Plagas y enfermedades de las especies de *Brachiaria*. En: *Brachiaria: Biología, Agronomía y Mejoramiento*. Ed. J. W. Miles, B. L. Maass y C. B. do Valle. Centro Internacional de Agricultura tropical CIAT, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria - EMBRAPA. Cali, Colombia, pp. 96-115.
- Valencia R., R. A.; Pardo B., O.; Rincón C., A.; Bueno G., G. 2006. CORPOICA Taluma 5. Variedad de soya de uso forrajero o grano para sistemas de producción de la Orinoquia colombiana. CORPOICA-MADR-COAGRO. Boletín técnico No. 48. Villavicencio, Meta. 32 p.
- Vallejos, A. y Ferrufino, A. 1986. Respuesta a la aplicación de nitrógeno, fósforo y abonos orgánicos en la recuperación de una pradera degradada de *Brachiaria decumbens*. Informe anual de Pastos y Forrajes, Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria. Cochabamba, Bolivia, pp.14-24.
- Vargas, O. M.; Quiñones, L. M. y Parra, J. L. 1998. Plantas tóxicas para los bovinos en la vega del río Arauca. Manual de asistencia técnica No. 3. Corpoica-Pronatta. Villavicencio, Meta. 31 p.
- Velásquez P., J. H.; Parra A, J. L.; Quiñonez M, L. M.; Rincón V, R. Carpintero M. 2000. Caracterización fitoquímica de plantas asociadas a praderas de *Brachiaria decumbens* en la región del Ariari, Meta. CORPOICA M.A.D.R. y Pronata. Manual técnico No. 05. Villavicencio, Meta. 40 p.
- Vera, R. R. 1999. Investigación en sistemas agropastoriles: Antecedentes y estrategias. En: *Sistemas agropastoriles en Sabanas tropicales de América Latina*. CIAT-EMBRAPA. Cali, Colombia, pp. 1-8.
- Vilela, L.; Soares, W.V.; Sousa, D.M.G. e Macedo, M.C.M. 1998. Calagem e adubacao para pastagens na regio do cerrado. Planaltina. Circular Técnica No. 37. 16 p.