

ARTÍCULO TÉCNICO

Álvaro Rincón¹ y Gustavo Ligarreto²

ABSTRACT

Productivity of the corn–grasses association in acid soils of the Colombian piedmont plains (Meta department)

In a degraded pasture of the Piedmont of the eastern plains of Colombia, the corn hybrid 'Master' was simultaneously established in association with the hybrid grasses *Brachiaria brizantha* cv. 'Mulato 1', *Brachiaria brizantha* cv. 'Toledo', and *Brachiaria decumbens*. Two N rates (100 and 200 kg·ha⁻¹) were evaluated in the development and production of corn grain and grass biomass. N was applied to corn rows 15 and 35 days after the sowing. Total biomass production at 50, 75, 90 and 140 days after sowing was 7.000, 11.400, 15.500, and 16.000 kg DM·ha⁻¹, respectively. Corn grain production associated with Toledo grass was superior (P<0.05) with 5.836 kg·ha⁻¹ vs. an average of 5.100 kg·ha⁻¹ obtained with the other grasses.

Average available forage during the rainy season was 1.037 kg DM·ha⁻¹ and in the dry season 1.045 kg DM·ha⁻¹. Grazing evaluations with beef cattle during 12 months yielded and weight gains of 505, 335 and 328 kg·ha⁻¹ per year with Toledo, Mulato 1 and *B. decumbens* respectively, while regional productivity in the *B. decumbens* degraded pasture was between 85 and 150 kg·ha⁻¹ per year. No differences were found between N rates in forage production or animal gain. The establishment cost of the corn grass association was \$2'846.160 (US\$1237, 2006 prices) and earnings by corn and meat were of \$3'750.000 (US\$1630) during the first year. Thus, maize production fully covered renovation costs, and improving productivity because the renovated pasture is more productive in available forage and animal gains that. Traditional schemes with pasture renovation but without the use of corn.

Key words: Degraded pastures, crop-pasture association, grasses, forage, grazing, animal production.

RESUMEN

En una pradera degradada del Piedemonte Llanero se establecieron de manera simultánea cultivos de maíz híbrido 'Master' y de los pastos *Brachiaria* cv. 'Mulato 1', *Brachiaria brizantha* cv. 'Toledo' y *Brachiaria decumbens*. Para determinar el efecto del N en el desarrollo y producción del grano de maíz y en la biomasa de pasto, se evaluaron dosis de 100 y 200 kg·ha⁻¹ de N aplicadas en forma fraccionada al surco del maíz a los 15 y 35 días después de sembrar la asociación maíz/pastos. La producción total de biomasa a los 50, 75, 90 y 140 días después de la siembra fue de 7.000, 11.400, 15.500, y 16.000 kg MS·ha⁻¹, respectivamente. La producción de maíz con pasto Toledo fue superior significativamente (P<0,05) con 5.836 kg·ha⁻¹ frente a un promedio de 5.100 kg·ha⁻¹ obtenido en las asociaciones con los pastos Mulato 1 y *B. decumbens*. El forraje promedio en oferta durante la época lluviosa fue de 1.037 kg MS·ha⁻¹ y en la época seca de 1.045 kg MS·ha⁻¹. La evaluación con bovinos de ceba en pastoreo tuvo una duración de 12 meses y reportó ganancias de peso de 505, 335 y 328 kg·ha⁻¹ por año con los pastos Toledo, Mulato 1 y *B. decumbens* respectivamente, resultados que superan la productividad regional (85 a 150 kg·ha⁻¹/año) en praderas degradadas de *B. decumbens*. No se obtuvieron diferencias significativas en la producción de forraje y ni de carne con relación a la aplicación de N. El establecimiento de la asociación maíz/pastos tuvo un costo total de \$2.846.160 (precios del 2006), mientras los ingresos obtenidos por la venta del maíz y la carne en pie fueron de \$3.750.000 en el primer año. Por consiguiente, la producción de maíz cubrió en su totalidad los costos de renovación de la pradera, beneficiando económicamente al productor al aumentar la productividad de las praderas y los bovinos de ceba, frente a esquemas tradicionales con renovación de praderas pero sin maíz asociado con pastos.

Palabras clave: Praderas degradadas, asociación cultivos-pastos, forraje, pastoreo, producción animal.

INTRODUCCIÓN

LA POBLACIÓN GANADERA en Colombia es de 24,7 millones de vacunos que se explotan en 37,8 millones de hectáreas de praderas, equivalentes al 57% de la superficie nacional agropecuaria; en consecuencia, la carga animal es de 0,65 animales/ha (DANE, 2001; MADR, 2007). Ante las perspectivas de desarrollo económico implícitas en los tratados de libre comercio, Colombia tiene la oportunidad de participar de forma más activa en el mercado mundial de carne bovina. Para lograrlo, el país debe aumentar la productividad animal mediante el mejoramiento genético, el manejo sanitario de los bovinos y el uso tecnificado de praderas y suplementos forrajeros que permitan aumentar los rendimientos de carne y leche de buena calidad (Fedegan, 2003).

En las praderas introducidas en los Llanos Orientales predomina la gramínea *Brachiaria decumbens*, especie con buena adaptación a suelos ácidos de baja fertilidad (Miles *et al.*, 2004) que ha funda-

mentado el desarrollo de una ganadería productiva en los últimos 30 años y ha generado productos que benefician a la población humana de esta región y a la capital de la República a donde anualmente se transportan 250.000 novillos para su sacrificio y consumo. No obstante, en la actualidad la productividad animal es baja como consecuencia de una oferta forrajera deficiente de los pastos nativos y de la degradación de las praderas cultivadas, ocasionadas por factores como la falta de fertilización en el establecimiento y mantenimiento de los cultivos de pastos, el ataque de plagas como el Mión de los pastos (*Aeneolamia sp.*) y las hormigas (*Atta sp.* y *Acromirmex sp.*), además del sobrepastoreo, lo cual ha hecho que la carga animal sea de sólo 0,7 animales/ha con una productividad de 150 kg·ha⁻¹ por año (Rincón, 2006).

Se han desarrollado tecnologías para mejorar la producción de forraje como la labranza de conservación, la fertilización, la asociación con leguminosas y, recientemente, la integración de cultivos con

Radicado: febrero 27 de 2008
Aceptado: junio 6 de 2008

1. Investigador Master Principal, Grupo de Fisiología y Nutrición Animal, Centro de Investigaciones La Libertad, CORPOICA. A.A. 3119, Villavicencio (Meta, Colombia). e-mail: arincon@corpoica.org.co
2. Profesor Asociado, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. e-mail: galigarretom@unal.edu.co

pastos que ha demostrado su beneficio económico y ambiental por los altos rendimientos obtenidos y el mejoramiento de las condiciones químicas y físicas de los suelos.

La implementación de sistemas agropastoriles en Colombia se ha basado en los sistemas arroz/pastos y maíz/pastos en trabajos realizados en fincas de la Altillanura y en Centros de Investigación (CORPOICA, 2002; CORPOICA, 2003; Sanz *et al.*, 1999). Ante el aumento de los costos de producción de los cultivos —que difícilmente son cubiertos con las cosechas obtenidas—, y teniendo en cuenta el potencial que tiene la región para la producción de carne bovina, se considera que estrategias de integración de cultivos, como el maíz y los pastos, pueden dar lugar al desarrollo de una actividad agropastoril competitiva con grandes beneficios para los productores. En este sentido, a fin de confirmar la viabilidad productiva y económica de la asociación maíz/pastos, se desarrolló este trabajo para contribuir a solucionar la reducida disponibilidad de forrajes, principal problemática que tiene la actividad ganadera en el Piedemonte Llanero colombiano. Este sistema trae beneficios al suelo porque mejora su fertilidad, a los bovinos porque disponen de forraje de mejor calidad, y al productor porque con la cosecha del cultivo cubre en gran medida los costos de mejoramiento y renovación de las praderas (Valencia *et al.*, 2006; Vilela *et al.*, 2003).

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se desarrolló entre agosto de 2004 y mayo de 2006 en el Centro de Investigaciones "La Libertad" de CORPOICA, ubicado en el municipio de Villavicencio (Meta, Colombia) a 9° 6' de latitud norte y 73° 34' de longitud oeste y altitud de 330 m.s.n.m.; la precipitación anual promedio es de 2.900 mm, la temperatura es de 26°C y la humedad relativa de 85% en la época lluviosa y 65% en la época seca. Los suelos se clasifican como oxisoles y tienen pH de 4,4; la saturación de aluminio (Al) es de 71,7% y la saturación de bases es de 24,7%. Los nutrientes más deficientes son el fósforo (P) con 1 ppm, el calcio (Ca) y el magnesio (Mg) con 0,37 y 0,11 me/100 g de suelo, respectivamente.

En una pradera degradada se establecieron de manera simultánea el cultivo de maíz híbrido 'Master' en asociación con los pastos híbridos *Brachiaria* cv. 'Mulato 1', *Brachiaria brizantha* cv. 'Toledo', y *Brachiaria decumbens*. El maíz Master es un híbrido de alta producción de grano amarillo bajo las condiciones de los Llanos Orientales colombianos; una de sus principales características es su resistencia al volcamiento por tener tallos gruesos y fuertes. Los pastos Mulato 1 y Toledo son materiales de alta producción y calidad nutritiva que se adaptan a suelos de mejor fertilidad (Argel *et al.*, 2000; Lascano *et al.*, 2002; Plazas, 2006), en tanto que *B. decumbens* es una gramínea con buena adaptación a los suelos ácidos de la zona, siendo el recurso forrajero de mayor difusión en la Orinoquia.

Para determinar el efecto del nitrógeno (N) sobre el desarrollo y la producción de grano de maíz y de biomasa de pasto, se evaluaron las dosis de 100 y 200 kg N·ha⁻¹ aplicados en forma fraccionada al surco del maíz a los 15 y 35 días después de la siembra de la asociación.

Tratamientos y diseño experimental

El cultivo de maíz se estableció en asocio con los pastos y con dos niveles de N bajo el siguiente esquema de seis tratamientos: *Tratamiento 1*: maíz en asocio con el híbrido *Brachiaria* cv. Mulato 1 + 100 kg N·ha⁻¹; *Tratamiento 2*: maíz en asocio con el híbrido *Brachiaria* cv. Mulato 1 + 200 kg N·ha⁻¹; *Tratamiento 3*: maíz en asocio con *Brachiaria brizantha* cv. Toledo + 100 kg N·ha⁻¹; *Tratamiento 4*: maíz en asocio con *Brachiaria brizantha* cv. Toledo + 200 kg N·ha⁻¹; *Tratamiento 5*: maíz en asocio con *Brachiaria decumbens* + 100 kg N·ha⁻¹; y *Tratamiento 6*: maíz en asocio con *Brachiaria decumbens* + 200 kg N·ha⁻¹. Estos tratamientos se distribuyeron en un diseño experimental de bloques completos al azar en arreglo de parcelas divididas con tres repeticiones, con la siguiente asignación: la parcela principal constituida por la gramínea forrajera (área de 3 ha) y la subparcela, por los niveles de N (área de 1 ha).

Establecimiento del experimento

La labranza se inició con un pase de rastra con el fin de reducir la cobertura de pasto y brindar mejores condiciones para la acción del cincel rígido que tra-

bajó a una profundidad entre 20 y 25 cm. Posteriormente se aplicó una mezcla de cal dolomítica, roca fosfórica y yeso agrícola por medio de una encaladora y luego se incorporó al suelo con un pase de rastra a fin de reducir la saturación de Al y para corregir las deficiencias de Ca, P, Mg y azufre (S) de estos suelos. La mezcla para fertilización que se aplicó a la asociación maíz/pasto estuvo constituida por 1.500 kg·ha⁻¹ de cal dolomítica (399 kg Ca; 88,5 kg Mg), 400 kg·ha⁻¹ de roca fosfórica (50 kg P; 99,6 kg Ca), 300 kg·ha⁻¹ de yeso agrícola (55 kg Ca; 44,4 kg S), 150 kg·ha⁻¹ de fosfato diamónico (29 kg P; 27 kg N), 150 kg·ha⁻¹ de cloruro de potasio (75 kg K), 20 kg·ha⁻¹ de Borozinco (3.000 g Zn; 100 g Cu; 500 g B y 1.200 g S).

El maíz se estableció a una dosis de 22 kg·ha⁻¹ en surcos separados a 80 cm para lograr una densidad de siembra de 5 a 6 plantas por metro lineal, mediante el uso de una máquina sembradora-abonadora que depositó la semilla a una profundidad promedio de 3 cm y el fertilizante de establecimiento (P + K + Zn), en el mismo surco del maíz, a una profundidad promedio de 5 cm. Las gramíneas forrajeras se sembraron inmediatamente después de realizada la siembra del maíz, con otra sembradora en surcos separados a 50 cm usando una dosis de siembra de 4 kg·ha⁻¹, en sentido perpendicular a la siembra del maíz. Durante el ciclo del cultivo se realizaron los controles necesarios de plagas, mediante control biológico e inhibidores de quitina.

Evaluaciones

Producción de biomasa de maíz y pastos.

La biomasa producida por el maíz y por los pastos asociados se estimó a los 35, 50, 75, 90 y 140 dds (días después de la siembra) de la asociación. La biomasa de maíz se determinó en las plantas presentes en tres metros lineales por tratamiento, mientras la biomasa de los pastos se estimó en 20 marcos de 0,25 m² por tratamiento.

Producción de grano de maíz. A los 140 dds se realizó la cosecha del maíz haciendo uso de una combinada; para evaluar la producción se tomaron 50 plantas de cada tratamiento y, en el momento de la cosecha, se realizó la estimación de la población final de plantas de maíz.

Producción de forraje bajo pastoreo.

Antes de iniciar el pastoreo definitivo se determinó la disponibilidad inicial de forraje a fin de calcular la carga animal en cada tratamiento (3,5 kg de forraje seco por cada 100 kg de peso vivo del animal). Durante la fase de pastoreo, en las épocas lluviosa y seca, se midió el forraje disponible al iniciar el período de ocupación y después de 28 días de descanso de los potreros. Al cabo de 14 días de ocupación o pastoreo se evaluó el forraje residual que dejaron los animales; los valores de forraje disponible y forraje residual se estimaron mediante 20 muestreos por tratamiento en cada época de evaluación con marcos de 0,25 m². Para determinar la materia seca se seleccionaron 200 g de forraje verde el cual fue secado en estufa durante 72 horas a una temperatura de 70°C.

Producción de carne bovina. Una vez cosechado el maíz, se realizó un pastoreo con 100 vacas durante 12 días para disminuir el volumen de biomasa presente en el área de terreno experimental. Después de este pastoreo se implementó una uniformización de las praderas con guadaña mecánica para iniciar la fase de pastoreo en todos los tratamientos bajo las mismas condiciones. Posteriormente se hicieron las divisiones de los potreros con cerca eléctrica y, al cabo de 30 días de descanso de las praderas, se inició la evaluación productiva bajo pastoreo con bovinos machos cebú comercial, los cuales iniciaron el pastoreo del experimento con un peso promedio de 242 kg/animal (edades entre 1 y 1,5 años). En las tres réplicas de cada tratamiento se estableció un sistema de pastoreo rotacional con 14 días de ocupación y 28 de descanso. El número de animales por cada tratamiento o carga animal se calculó de acuerdo con la disponibilidad de forraje. Los grupos, integrados por 10 a 12 animales, fueron distribuidos al azar en cada tratamiento con una carga inicial que fluctuó entre 1,8 y 2,5 UA/ha⁻¹, considerando los 400 kg de peso vivo como una unidad animal (UA). En el momento del pesaje inicial los animales fueron tratados para el control de parásitos internos y se les suministró a voluntad sal mineralizada con 8% de fósforo durante el período de evaluación. Las ganancias diarias de peso y la producción de carne por hectárea se evaluaron durante un período de un año mediante pesajes individuales realizados cada dos meses.

Análisis estadístico. Para el análisis de los resultados se utilizó el programa SAS (Statistical Analysis System®) versión 9; se realizaron los análisis de varianza respectivos y, para la separación de medias, se utilizó la prueba de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN**Producción de biomasa de maíz y de pastos**

La producción de biomasa de maíz (planta integral) establecido en asociación con los pastos fue de 1.835, 6.828, 9.800, y 11.817 kg MS·ha⁻¹ a los 35, 50, 75 y 90 dds, respectivamente. Al momento de la cosecha (140 dds) no se presentó aumento en la biomasa, obteniéndose 11.825 kg MS·ha⁻¹ (Figura 1). No se presentaron diferencias significativas ($P > 0,05$) en la producción de biomasa del maíz establecido con los pastos *B. decumbens*, Toledo y Mulato 1.

A causa del establecimiento retardado de los pastos con respecto al maíz, la

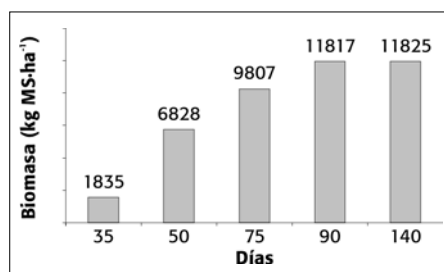


Figura 1. Producción de biomasa de maíz establecido en asociación con pastos desde los 35 dds hasta el momento de cosecha (C.I. La Libertad, Piedemonte Llanero, Meta).

primera evaluación de producción de los pastos se realizó a los 50 dds encontrándose que la biomasa aérea del *B. decumbens* superó significativamente ($P < 0,05$), con 682 kg MS·ha⁻¹, a los 220 kg MS·ha⁻¹ promedio de los otros dos pastos. En la evaluación realizada los 75 días no se presentaron diferencias significativas entre los tres pastos pero a los 90 días, el pasto Toledo aventajó significativamente *B. decumbens* y Mulato 1 con una producción de 4.374 kg MS·ha⁻¹. A los 140 días la biomasa de los pastos Mulato 1 y Toledo fue superior significativamente ($P < 0,05$) en 685 kg MS·ha⁻¹ con relación a la producción de *B. decumbens* (Tabla 1). El establecimiento de la asociación maíz con pastos tiene ventajas con respecto a las asociaciones con otros cultivos como sorgo, mijo y arroz (Kluthcouski y Aidar, 2003) por el rápido desarrollo del maíz en los primeros 50 días y el lento establecimiento de los pastos, lo que favorece al cultivo de maíz por no tener competencia en cuanto la captación de luz hasta la formación de la mazorca, lo cual fue posible constatar en este estudio. Los pastos incrementan la producción de biomasa cuando el maíz permite la entrada de luz por senescencia natural después de formada la mazorca (Rincón *et al.*, 2007).

Con respecto a los niveles de N aplicados no se presentaron diferencias significativas ($P > 0,05$) en la producción de biomasa de maíz y los pastos en ninguna de las cinco épocas de evaluación (Figura 2). En promedio se obtuvo una producción de 11.800 kg·ha⁻¹ de biomasa de maíz y de 4.200 kg·ha⁻¹ de biomasa de pasto en el momento de la recolección del grano.

Tabla 1. Biomasa de los pastos evaluados (kg MS·ha⁻¹) en asocio con maíz en cuatro muestreos después del establecimiento (C.I. La Libertad, Piedemonte Llanero, Meta).

Pasto	50 días	75 días	90 días	140 días
<i>B. decumbens</i>	682 a	1.768 a	2.533 b	3.762 b
Mulato 1	237 b	1.574 a	3.639 ab	4.431 a
Toledo	204 b	1.556 a	4.374 a	4.463 a
Nitrógeno:				
100 kg·ha ⁻¹	345	1.626	3.189	4.204
200 kg·ha ⁻¹	432	1.581	4.069	4.206
Significancia	NS	NS	NS	NS
CV (%)	18,9	15,7	28,3	22,3

Promedios en columnas con letras distintas difieren significativamente ($P < 0,05$) según la prueba de Tukey. NS: no significativo.

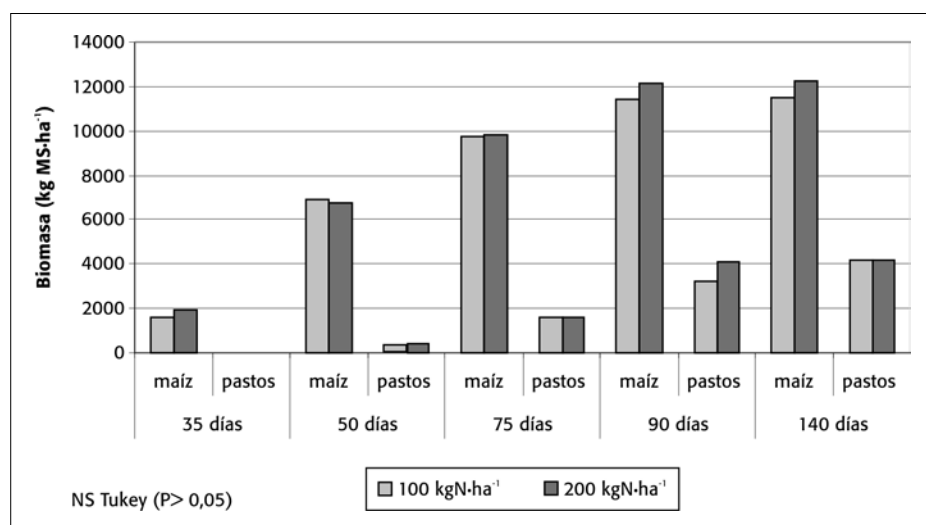


Figura 2. Producción de biomasa de maíz y pastos establecidos en asociación con dos niveles de nitrógeno (C.I. La Libertad, Piedemonte Llanero, Meta).

Producción de grano de maíz

La cosecha del maíz se realizó a los 140 dds cuando el grano tenía una humedad del 18%. La producción de grano de maíz asociado con pasto Toledo fue superior significativamente ($P < 0,05$) con 5.836 kg·ha⁻¹ frente a un promedio de 5.100 kg·ha⁻¹ obtenido en las asociaciones con pasto Mulato 1 y *B. decumbens* (Tabla 2). Este rendimiento notable de la asociación con el pasto Toledo se debió a la mayor población de plantas de maíz (39.384 plantas·ha⁻¹) en el momento de la cosecha. La población del maíz a los 15 dds fue de 4,5 plantas·m⁻¹ lineal lo cual equivalía a 50.000 plantas·ha⁻¹. A los 50 dds la población ya se había reducido a 3,9 plantas·m⁻¹ (48.750 plantas·ha⁻¹). En el momento de la cosecha se obtuvo un promedio de 3,1 plantas·m⁻¹ equivalentes a 38.640 plantas·ha⁻¹.

La población del maíz se redujo en 22% durante todo el ciclo del cultivo, lo cual fue ocasionado en buena parte por el ataque inicial de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y posteriormente por el gusano barrenador del tallo (*Diatrea sp.*). Las condiciones climáticas durante el segundo semestre de año en el Piedemonte Llanero, que se caracterizan por menor precipitación y mayor temperatura con respecto al primer semestre, por tradición han favorecido la aparición de plagas en el cultivo de maíz. No obstante esta reducción en la población de plantas, los rendimientos estuvieron dentro del promedio obtenido en la región.

Por su parte, los tratamientos de fertilización con 100 y 200 kg N·ha⁻¹ no afectaron en forma significativa ($P > 0,05$) el rendimiento de maíz, que fue de 5.360 y 5.350 kg·ha⁻¹ de grano, respectivamente.

Tabla 2. Rendimiento de maíz asociado con tres pastos y con dos niveles de nitrógeno (C.I. La Libertad, Piedemonte Llanero, Meta).

Pasto	Población (plantas·ha ⁻¹)	Rendimiento (kg·planta ⁻¹)	Rendimiento (kg·ha ⁻¹)
<i>B. decumbens</i>	38.475 a	0,131 a	5.000 b
Mulato 1	38.061 a	0,138 a	5.243 ab
Toledo	39.384 b	0,147 a	5.836 a
Nitrógeno:			
100 kg·ha ⁻¹	38.850	0,137	5.370
200 kg·ha ⁻¹	38.431	0,140	5.350
Significancia	NS	NS	NS
CV (%)	11,9	8,61	12,9

Promedios en columnas con letras distintas difieren significativamente ($P < 0,05$) según la prueba de Tukey. NS: no significativo.

La escasa respuesta a la aplicación de la dosis de 200 kg N·ha⁻¹ puede explicarse por las pérdidas de N por volatilización influenciadas por la buena humedad del suelo y la temperatura durante los días posteriores a la fertilización (Bundy y Andraski, 2005). Por otra parte, en algunos trabajos se han encontrado respuestas positivas en producción de maíz a niveles crecientes de nitrógeno hasta la dosis de 100 kg N·ha⁻¹ (Betancourt *et al.*, 1998).

Disponibilidad de forraje al iniciar el pastoreo

A los 30 días de realizada la uniformización de las praderas, y antes de iniciar el pastoreo definitivo, se realizó una evaluación de disponibilidad de forraje inicial, encontrándose que ésta fue mayor en el pasto Toledo con 2.870 kg·ha⁻¹ de forraje seco, siendo significativamente superior ($P < 0,05$) al *B. decumbens* y al Mulato 1, los cuales tuvieron una producción promedio de 2.000 kg·ha⁻¹. Los tres pastos presentaron una proporción de materia seca de 28% y no se observaron diferencias en la producción de forraje con respecto a los niveles de N empleados para el establecimiento de estos pastos con el maíz.

Disponibilidad de forraje durante las épocas lluviosa y seca

El pastoreo se inició en el mes de abril de 2005 con las praderas en buenas condiciones; sin embargo, la alta pluviosidad ocurrida durante los meses de abril, mayo y junio —que totalizó 1.200 mm—, la humedad relativa de 86% y la temperatura de 26°C favorecieron la aparición de plagas y enfermedades que afectaron a los pastos Mulato 1 y *B. decumbens*.

Las plantas de Mulato 1 fueron afectadas por la escama *Antonina graminis* cuyo ataque se inició con la aparición de puntos cloróticos y luego manchas de necrosis que se fueron ampliando hasta cubrir toda el área foliar. En forma simultánea, en aquellos potreros con gran saturación temporal de humedad después de la ocurrencia de fuertes lluvias, las plantas de Mulato 1 se vieron afectadas por una enfermedad de la raíz cuyo agente causal fue el hongo *Rhizoctonia sp.* que eliminó aproximadamente el 30% de las plantas.

Por otra parte, las pasturas de *B. decumbens* fueron atacadas por la plaga Mióm de los pastos (*Aeneolamia sp.*) que

causó necrosis foliar en el 60% del área sembrada de este pasto. A este ataque contribuyó la acumulación de material vegetal muerto después de la cosecha del maíz, que favoreció el desarrollo de las ninfas de esta plaga porque las protegió de los rayos solares; además, las condiciones de alta humedad y temperatura permitieron el desarrollo de una alta población de esta plaga que afectó la disponibilidad de forraje de esta especie susceptible. La acumulación de material vegetal muerto en las praderas de *B. decumbens* y Mulato 1 fue superior significativamente ($P < 0,05$) con 6.117 y 5.648 kg·ha⁻¹ respectivamente, a los 10 meses después de cosechado el grano de maíz (Tabla 3). Las praderas del Toledo presentaron una acumulación de material vegetal muerto significativamente inferior, con un valor de 2.797 kg·ha⁻¹.

Tabla 3. Acumulación de material vegetal muerto en las praderas que fueron establecidas con maíz a los 10 meses después de la cosecha del grano (C.I. La Libertad, Piedemonte Llanero, Meta).

Pasto	Material vegetal muerto (kg MS·ha ⁻¹)
<i>B. decumbens</i>	6.117 a
Mulato 1	5.648 ab
Toledo	2.797 b
Nitrógeno:	
100 kg·ha ⁻¹	5.130
200 kg·ha ⁻¹	4.577
Significancia	NS
CV (%)	32,6

Promedios en columnas con letras distintas difieren significativamente ($P < 0,05$) según la prueba de Tukey. NS: no significativo.

Se realizaron cuatro evaluaciones de la disponibilidad de forraje en la fase de pastoreo durante la época lluviosa (mayo a noviembre), obteniéndose promedios de 1.294, 1.061 y 796 kg MS·ha⁻¹ en los pastos Toledo, Mulato 1 y *B. decumbens* respectivamente (Tabla 4), siendo significativamente superiores ($P < 0,05$) los valores encontrados en los pastos Toledo y Mulato 1. Con respecto al forraje residual, que se midió al terminar el período de ocupación e iniciar el período de descanso de los potreros, se encontró que fue significativamente superior ($P < 0,05$) en el

Tabla 4. Forraje disponible y residual en praderas de *B. decumbens*, Mulato 1 y Toledo bajo pastoreo rotacional (14 días de ocupación y 28 días de descanso) (C.I. La Libertad, Piedemonte Llanero, Meta).

Pastos	Forraje disponible (kg MS·ha ⁻¹)		Forraje residual (kg MS·ha ⁻¹)	
	Lluvias	Seca	Lluvias	Seca
<i>B. decumbens</i>	796 b	931 a	883 b	671 b
Mulato 1	1.061 ab	1.151 a	765 b	806 a
Toledo	1.294 a	1.066 a	1.053 a	845 a
Nitrógeno:				
100 kg·ha ⁻¹	1.000	1.024	953	712
200 kg·ha ⁻¹	1073	1.065	1.181	848
Significancia	NS	NS	NS	NS
CV (%)	25,5	28,1	22,5	21,9

Promedios en columnas con letras distintas difieren significativamente ($P < 0,05$) según la prueba de Tukey. NS: no significativo.

pasto Toledo con respecto a los otros dos pastos, con un valor de 1.053 kg MS·ha⁻¹. La mejor cobertura del suelo fue la de los pastos Mulato 1 y *B. decumbens* con 93 y 91%, respectivamente, mientras que en el pasto Toledo sólo fue de 74% debido su crecimiento erecto.

Durante la época seca (enero a marzo del 2006) la precipitación presentó un comportamiento atípico porque en los meses de enero de los últimos 32 años la precipitación promedio fue de 30 mm y durante este año fue de 266 mm, lo que benefició el desarrollo de las plantas porque no se vieron afectadas por estrés hídrico como ocurre normalmente en este período. Por consiguiente, en las cuatro evaluaciones hechas durante la época seca

los pastos presentaron una disponibilidad de forraje similar a la que exhiben en la época lluviosa. No se presentaron diferencias significativas ($P > 0,05$) en la disponibilidad de forraje de los tres pastos en la época seca, obteniéndose un promedio de 1.049 kg MS·ha⁻¹. El forraje residual evaluado después del pastoreo fue de 46% en la época lluviosa y de 43% en la época seca frente al total producido.

Las dosis de 100 y 200 kg N·ha⁻¹ aplicadas en el establecimiento de los pastos en asociación con el maíz no afectaron significativamente el forraje disponible ni el forraje residual durante las épocas lluviosa y seca (Figura 3). Durante el período de lluvias en la dosis de 100 kg N·ha⁻¹ se obtuvieron 1.000 y 953 kg

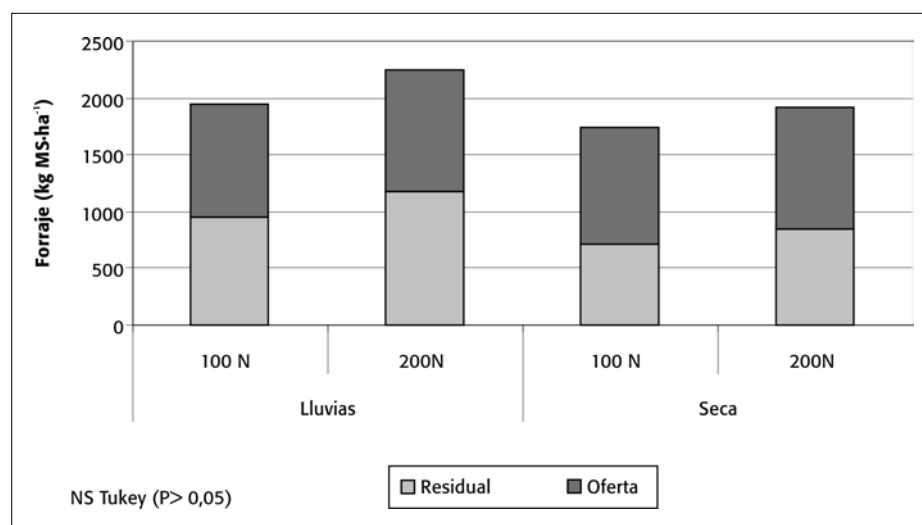


Figura 3. Forraje en oferta y residual en praderas establecidas con la asociación maíz-pastos y fertilizadas con 100 y 200 kg N·ha⁻¹ en las épocas lluviosa y seca (C.I. La Libertad, Piedemonte Llanero, Meta).

MS·ha⁻¹ de forraje en oferta y residual, respectivamente; con la dosis de 200 kg N·ha⁻¹ la producción de forraje en oferta y residual fue de 1.073 y 1.181 kg MS·ha⁻¹ en el mismo orden. Por su parte, durante la época seca en la dosis de 100 kg N·ha⁻¹ se obtuvieron 1.024 y 712 kg MS·ha⁻¹ y con 200 kg N·ha⁻¹, 1.065 y 848 kg MS·ha⁻¹ de forraje en oferta y residual, respectivamente. Por consiguiente, el forraje en oferta promedio durante la época lluviosa fue de 1.037 kg MS·ha⁻¹ y en la época seca de 1.045 kg MS·ha⁻¹, mientras que el forraje residual promedio fue de 1.067 y 780 kg MS·ha⁻¹ en las épocas lluviosa y seca, respectivamente.

Productividad animal

La evaluación productiva de las praderas y su respuesta en cuanto ganancia de peso animal se desarrolló en un período de 12,4 meses, tiempo durante el cual la mayoría de los animales llegaron a un peso superior a los 400 kg. Las ganancias de peso por animal fueron significativamente superiores en los bovinos que pastorearon en las praderas de Mulato 1 y Toledo con 0,482 y 0,454 g/animal/día, en tanto que la ganancia diaria de peso en el *B. decumbens* fue de 0,438 g/animal/día. En los 12,4 meses, el promedio de aumento de peso de cada animal fue de 179,6, 168,8 y 163 kg/animal para las praderas de Mulato 1, Toledo y *B. decumbens*, respectivamente (Tabla 5).

No se presentó respuesta a los niveles de N aplicados en el establecimiento de los pastos asociados con maíz con relación a las ganancias de peso de los animales. En la Tabla 6 se resume el comportamiento animal en los seis tratamientos evaluados, en donde se puede apreciar que el peso inicial de los animales estuvo en un rango de 225 a 254 kg/animal y el peso final alcanzado a los 12,4 meses de pastoreo fue de 412 kg/animal en los bovinos que estuvieron en las praderas de Toledo, 452 kg/animal en los animales que pastorearon al Mulato 1 y 399 kg/animal en los animales que consumieron *B. decumbens*. La superioridad encontrada en los animales cebados en el pasto Mulato 1 se debió a un mayor peso inicial promedio y a una mayor ganancia de peso por animal. La carga animal fue superior en el pasto Toledo desde el comienzo hasta el final del pastoreo, pues inició con un promedio de 2,7 UA·ha⁻¹ (1.080

Tabla 5. Ganancia de peso animal durante el período de ceba (acumulada en 12,4 meses y diaria) en praderas establecidas con la asociación pastos-maíz (C.I. La Libertad, Piedemonte Llanero, Meta).

Pastos	Ganancia de peso animal	
	kg/animal/período de ceba	kg/animal/día
<i>B. decumbens</i>	163,0 b	0,438 b
Mulato 1	179,6 a	0,482 a
Toledo	168,8 ab	0,454 ab
Nitrógeno:		
100 kg·ha ⁻¹	170,3	0,457
200 kg·ha ⁻¹	169,2	0,454
Significancia	NS	NS
CV (%)	12,2	12,2

Promedios en columnas con letras distintas difieren significativamente (P < 0,05) según la prueba de Tukey. NS: no significativo.

Tabla 6. Producción de carne bovina en praderas de pastos establecidas con maíz y fertilizadas con 100 y 200 kg N·ha⁻¹ durante un período de ceba de 12,4 meses (C.I. La Libertad, Piedemonte Llanero, Meta).

Parámetro	Toledo		Mulato 1		<i>B. decumbens</i>	
	200 N*	100 N*	200 N*	100 N*	200 N*	100 N*
Peso inicial (kg/animal)	248,2	254,4	284,3	253,4	246,4	225,4
Peso final (kg/animal)	412,4	412,5	452,8	452,7	410	388
Carga inicial (UA·ha ⁻¹)	2,69	2,79	1,42	1,48	1,44	1,50
Carga final (UA·ha ⁻¹)	3,44	3,44	2,26	2,26	2,39	2,59
Carga promedio (UA·ha ⁻¹)	3	3,1	1,9	1,9	2	2,1
Ganancia diaria de peso (kg/animal)	0,466	0,441	0,453	0,513	0,440	0,437
Productividad de carne anual (kg·a ⁻¹)	510,7	499,4	314,1	355,5	321,0	335,0

* N = kg N·ha⁻¹

kg·ha⁻¹ de peso vivo) y terminó con 3,44 UA·ha⁻¹ (1.376 kg·ha⁻¹ de peso vivo). La carga animal en los pastos Mulato 1 y *B. decumbens* fue similar durante el período de pastoreo con un promedio inicial de 1,45 UA·ha⁻¹ (580 kg·ha⁻¹ de peso vivo) y una carga final promedio de 2,37 UA·ha⁻¹ (948 kg·ha⁻¹ de peso vivo). Esta diferencia de capacidad de carga a favor del pasto Toledo fue la principal razón de la mayor productividad animal obtenida en estas praderas, aunque las ganancias por animal fueron similares a las obtenidas con el pasto Mulato 1.

La productividad obtenida con el pasto Toledo alcanzó un promedio anual de 505 kg·ha⁻¹ mientras que con el pasto Mulato 1 fue de 335 kg·ha⁻¹ y con *B. decumbens* de 328 kg·ha⁻¹. La productividad regional anual en las praderas de *B. decumbens*, que en su mayoría se encuentran en proceso de degradación por invasión de la grama amarga (*Homo-*

lepis aturensis) y otros factores, se reporta entre 85 y 150 kg·ha⁻¹ con una carga animal que fluctúa entre 0,8 y 1,2 UA·ha⁻¹ y ganancias diarias de peso entre 300 y 350 g/animal (CORPOICA, 2000; CORPOICA, 2001). Por consiguiente, las ganancias de peso obtenidas con el pasto Toledo permitieron elevar la productividad animal entre 3 y 6 veces, mientras en las praderas de Mulato 1 y *B. decumbens*, entre 2 y 4 veces. La productividad de los bovinos en los Llanos Orientales colombianos tiene características similares a la productividad de los Cerrados brasileiros donde la problemática de degradación de praderas también constituye la causa principal de los bajos índices zootécnicos del rebaño, con cargas animales que fluctúan entre 0,54 y 0,96 UA·ha⁻¹ y productividades anuales entre 64 y 145 kg·ha⁻¹. Sin embargo, la integración de la agricultura y la ganadería en varios sistemas evaluados a nivel de productor (sistema Barreirao y sistema Santa Fe) han per-

mitido mejorar la productividad de los bovinos de carne con rendimientos anuales entre 300 y 517 kg·ha⁻¹ (Kluthcouski *et al.*, 2003; Kluthcouski y Aidar, 2003).

Crecimiento de los bovinos

El desarrollo individual de cada animal se evaluó mediante pesajes durante 372 días (12,4 meses). La edad promedio de los animales al iniciar el pastoreo fue de 15 meses y permanecieron en el experimento hasta que cumplieron una edad de 27,4 meses (2,3 años), tiempo durante el cual los bovinos que estuvieron en el pasto Mulato 1 llegaron a un peso de 453 kg, los de pasto Toledo a 412 kg y los del *B. decumbens* a 399 kg. Los bovinos cebados en pasto Mulato 1 a la edad de 2,3 años llegaron a su peso óptimo para sacrificio, en tanto que los cebados en los pastos Toledo y *B. decumbens* requirieron de otros tres y cuatro meses, respectivamente, para llegar al peso al sacrificio. En la Figura 4 se representan las curvas de crecimiento de cada grupo de animales en su respectivo pasto, encontrándose una relación lineal positiva entre la edad y la ganancia de peso animal, con un coeficiente de determinación (r^2) superior a 0,95. La ecuación correspondiente al pasto Mulato 1 muestra que por cada 2,5 meses, los animales ganaron 36 kg, mientras que los animales que pastorearon pasto Toledo ganaron 30,4 kg y los del *B. decumbens* 31 kg en el mismo período.

Beneficios económicos

La renovación de praderas por medio del cultivo de maíz trae beneficios económicos al productor porque se reducen los costos para que las praderas vuelvan a ser productivas y se obtiene mayor productividad animal. El establecimiento de la asociación de maíz-pastos tuvo un costo de \$2.232.000 (\$ de 2006), mientras los costos de manejo animal y financiación ascendieron a \$180.000 y \$434.160, respectivamente (Tabla 7). Los ingresos adicionales obtenidos por la venta de 5 t de maíz ascendieron a \$2.400.000 y por la producción de carne en pie a \$1.350.000. La diferencia entre los costos totales y los ingresos generaron una ganancia de \$903.840 durante el primer año de pastoreo y después de realizada la cosecha del maíz. El esquema de manejo tradicional con renovación de praderas pero sin utilización del cultivo del maíz logró costos totales de \$910.000 e ingresos por

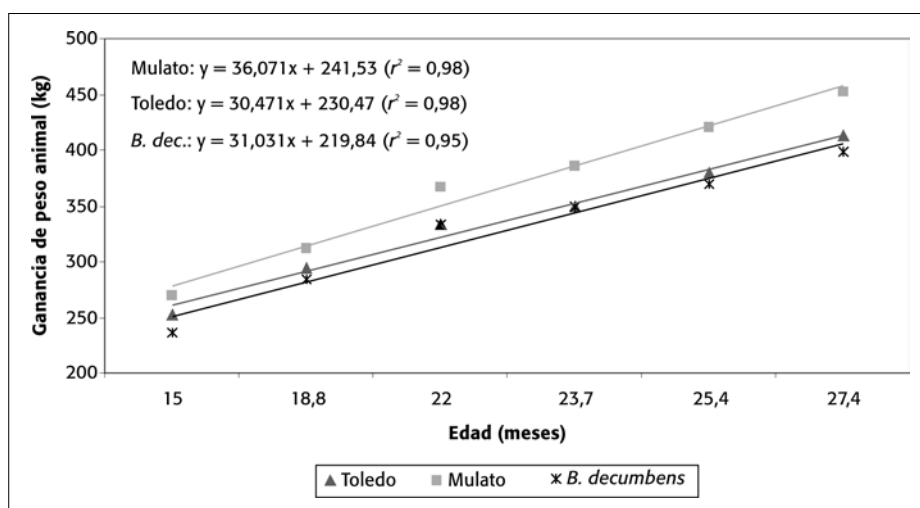


Figura 4. Crecimiento de bovinos de ceba en praderas establecidas con la asociación maíz-pastos (C.I. La Libertad, Piedemonte Llanero, Meta).

Tabla 7. Costos e ingresos por hectárea obtenidos con la renovación de praderas mediante el cultivo de maíz y bajo el sistema convencional (sin maíz) (C.I. La Libertad, Piedemonte Llanero, Meta).

Insumo/labor	Costos asociación maíz-pastos (\$)	Costos pastos (\$)
Maquinaria en labranza y siembra	385.000	265.000
Fertilizantes	970.000	262.000
Semillas	360.000	120.000
Control de plagas	170.000	
Mano de obra	97.000	10.000
Transporte	100.000	25.000
Cosecha	150.000	
Costos de renovación	2.232.000	682.000
Costos de manejo animal	180.000	90.000
Costos financieros (18% anual)	434.160	138.960
Costos totales	2.846.160	910.000
Ingresos:		
Venta de grano de maíz (5 t)	2.400.000	—
Producción anual de carne (kg·ha ⁻¹)	500	330
Venta de carne (\$2.700 kg en pie)	1.350.000	891.000
Ingreso bruto total	3.750.000	891.000
Ingreso neto	903.840	-19.000

Tasa de cambio promedio en el año 2006: \$1 USD equivale a \$2.400 pesos.

\$891.000 y, por lo tanto, en el primer año de pastoreo no se alcanzaron a cubrir los costos de mejoramiento de praderas.

CONCLUSIONES

La asociación maíz – pastos, se constituye en una buena alternativa económica para los productores del Piedemonte Llanero, por la obtención de 5 t·ha⁻¹ de grano de

maíz a los cuatro meses de establecida la asociación y el aumento de la productividad de carne bovina por una mayor oferta de forraje que permitió aumentar en tres veces la capacidad de carga y la producción de carne bovina. Los costos en al renovación de pasturas degradadas, por medio de la asociación maíz-pastos, se reducen en un 100% por el ingreso obtenido con el grano de maíz cosechado.

AGRADECIMIENTOS

Especial agradecimiento para COLCIENCIAS por la financiación del trabajo de investigación en el marco del proyecto "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".

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Argel, P.; C. Hidalgo y M. Lobo Di Palma. 2000. Pasto Toledo (*Brachiaria brizantha* CIAT 26110): gramínea de crecimiento vigoroso con amplio rango de adaptación a condiciones de trópico húmedo y subhúmedo. Consorcio Tropileche, Costa Rica. Boletín técnico, San José de Costa Rica. 15 p.
- Bencourt, P.; J. González; B. Figueroa y F. González. 1998. Cobertura vegetativa y fertilización nitrogenada en la producción de maíz. *Terra* 16(3): 231-237.
- Bundy, L.G. y T.W. Andraski. 2005. Recovery of fertilizer nitrogen in crop residues and cover crops on an irrigated sandy soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 69: 141-147.
- CORPOICA, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. 2000. Informe anual de actividades, investigación pecuaria del año 2000. C.I. La Libertad, Villavicencio Meta. 204 p.
- CORPOICA, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. 2002. Informe anual de actividades, investigación pecuaria del año 2002. C.I. La Libertad, Villavicencio, Meta. 186 p.
- CORPOICA, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. 2003. Informe anual de actividades, investigación Agrícola del año 2003. C.I. La Libertad, Villavicencio, Meta. 260 p.
- DANE - Proyecto SISAC. 2001. Encuesta Nacional Agropecuaria 2000.
- FEDEGAN, Federación de Ganaderos de Colombia. 2003. Datos estadísticos. Oficina de planeación. En: www.fedegan.org.co; consulta: enero 2008.
- Kluthcouski, J. y H. Aidar. 2003. Implantação, conducto e resultados obtidos com o sistema Santa Fe & integraçao lavoura-pecuaria na recuperaçao de pastagens degradadas. En: Kluthcouski, J.; L.F. Stone y H. Aidar (eds.). *Integraçao Lavoura-Pecuaria. EMBRAPA Arroz e Feijao*. San Antonio de Goias, Brasil. pp. 409 - 441.
- Lascano, C.; R. Pérez; C. Plazas; J. Medrano; O. Pérez y P.J. Argel. 2002. Pasto Toledo (*Brachiaria brizantha* - CIAT 26110): gramínea de crecimiento vigoroso para intensificar la ganadería colombiana. CIAT, CORPOICA, MINAGRICULTURA. Villavicencio, Meta. 18 p.
- MADR, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural - Colombia. 2007. Programa de desarrollo ganadero 2005 - 2019. En: www.minagricultura.gov.co; consulta: enero 2008.
- Miles, J.W.; CV.B. do Valle; I.M. Rao y V.P.B. Euclides. 2004. *Brachiaria* grasses. Warm season (C4): grasses & agronomy. Monograph No. 45. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America (EUA). pp. 745-783.
- Plazas, C.H. 2006. Experiencias en el establecimiento de *Brachiaria* híbrido cv. Mulato 1 CIAT 36061 como alternativa para rehabilitar pasturas degradadas. *Pasturas Tropicales* 28(1): 9-15.
- Rincón, A. 2006. Factores de degradación y tecnología de recuperación de praderas en los Llanos Orientales de Colombia. Boletín técnico No. 49. CORPOICA - Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Gobernación del Meta, Villavicencio (Meta). 77 p.
- Rincón, A.; G.A. Ligarreto y D. Sanjuanelo. 2007. Crecimiento del maíz y los pastos (*Brachiaria sp.*) establecidos en monocultivo y asociados en suelos ácidos del Piedemonte Llanero colombiano. *Agronomía Colombiana* 25(2): 264-272.
- Sanz, J.I.; R.S. Zeigler; S. Sarkarung; D.L. Molina y M. Rivera. 1999. Sistemas mejorados arroz-pasturas para sabana nativa y pasturas degradadas en suelos ácidos de América del Sur. En: Guimaraes, E.; J.I. Sanz; I.M. Rao; M.C. Amézquita y E. Amézquita, E. (eds.). *Sistemas agropastoriles en sabanas tropicales de América Latina*. CIAT, EMBRAPA. Cali (Colombia). pp. 232-244.
- Valencia, R.; O. Pardo; A. Rincón y G. Bueno. 2006. Corpoica-Taluma 5: variedad de soya para sistemas de producción de la Orinoquia colombiana. Boletín técnico No. 48. CORPOICA, MINAGRICULTURA, COAGRO. Villavicencio (Meta, Colombia). 32 p.
- Vilela, L.; M.C. Macedo; G.B. Martha Jr. y J. Kluthcouski. 2003. Benefícios da integraçao lavoura-pecuaria. En: Kluthcouski, J.; L.F. Stone y H. Aidar (eds.). *Integraçao Lavoura-Pecuaria. EMBRAPA Arroz e Feijao*. San Antonio de Goias, Brasil. pp. 145-170.