

AVANCES SOBRE EL USO DE LEGUMINOSAS FORRAJERAS
EN LA PRODUCCIÓN DE LECHE Y CARNE EN EL TRÓPICO
HÚMEDO DE AMÉRICA CENTRAL

I INTRODUCCIÓN

II PAPEL DE LAS LEGUMINOSAS EN LOS SISTEMAS
DE PRODUCCIÓN ANIMAL

III SISTEMAS FORRAJEROS BASADOS EN LA
UTILIZACIÓN DE LEGUMINOSAS

IV CONCLUSIÓN

V LITERATURA CITADA

I. INTRODUCCION

En las últimas décadas, el deterioro de la base de recursos naturales en las áreas de ladera y en el trópico húmedo del continente americano, evidencia los efectos del crecimiento de la población, del incremento de la deuda externa, de la disminución de la productividad *per capita* en la mayoría de actividades agropecuarias y de la migración de las familias rurales -e incluso urbanas- con dificultades económicas. Esta presión por ampliar la frontera agrícola y elevar la producción de alimentos para una población creciente ha traído como consecuencia aumentos en la tasa de deforestación, en el uso de agroquímicos, en la erosión de los suelos, en el deterioro de las cuencas y fuentes de agua y en la emisión de los gases asociados al "calentamiento global" (4), con la consiguiente reacción de los grupos ecologistas.

En este contexto, el desafío para la producción animal es mucho mayor, pues la actividad pecuaria -en especial la ganadería extensiva- ha sido asociada frecuentemente con la deforestación (12, 17) y otras manifestaciones de deterioro ambiental. Por ello se hace necesario efectuar ajustes en los sistemas de producción animal, para que ellos contribuyan de manera efectiva a: la recuperación de las áreas degradadas, el incremento de la productividad de manera sostenida, el retardo o la detención de la deforestación, el crecimiento económico y el alivio de la pobreza (13, 19, 24).

En el presente trabajo se presentan evidencias de cómo los sistemas pastoriles o silvopastoriles, que incorporan leguminosas herbáceas o arbóreas, pueden constituirse en alternativas de uso de la tierra económicamente factibles, ambientalmente aceptables y potencialmente sostenibles, para aquellas áreas del trópico húmedo con vocación ganadera, siempre que se trabaje con especies adaptadas a las restricciones bióticas y abióticas del ecosistema, y que sean productivas y persistentes bajo pastoreo o corte.

II. PAPEL DE LAS LEGUMINOSAS EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCION ANIMAL

El nitrógeno es el elemento más limitante para la productividad de los sistemas agrícolas y pecuarios. En los sistemas de pasturas, el nitrógeno puede provenir de: a) la mineralización de la materia orgánica presente en

el suelo; b) el reciclaje a través de las excretas animales; c) la fijación biológica de N_2 atmosférico por la simbiosis rizobio-leguminosa, y en menor grado por otros organismos asociados con las gramíneas tropicales (p.e. *Azotobacter*, *Spirillum*); y d) la aplicación de fertilizantes. Sin embargo, cada vez toma mayor relevancia el uso de leguminosas, como consecuencia de la tendencia alcista en la relación de precios fertilizantes/productos agropecuarios (24), así como la preocupación creciente por el incremento en la contaminación de fuentes de agua, como resultado del uso irracional de fertilizantes nitrogenados (12).

La fijación del N_2 atmosférico y su eventual transferencia a las especies acompañantes es quizás el aspecto más conocido sobre el papel que juegan las leguminosas en los sistemas de producción animal, sin embargo éste no es el único. Otras contribuciones importantes de las leguminosas son: a) incremento en el reciclaje de nutrimentos (no sólo nitrógeno) a través del mejoramiento de la calidad del material senescente y la mayor riqueza de las excretas de animales que consumen leguminosas; b) estímulo de la actividad biológica del suelo a través de la mayor calidad de los exudados y de la materia orgánica de raíces; c) mejora en la calidad nutritiva (nitrógeno y minerales) de la dieta; y d) aumento la producción por animal y la productividad por hectárea (1, 29, 30).

La magnitud de estas formas de interacción varía en función del potencial productivo y la persistencia de las leguminosas utilizadas, el sistema forrajero en que éstas se incorporan (p.e. cercas vivas, "bancos de proteína", "cultivos en callejones" o "alley cropping", praderas asociadas gramínea-leguminosa) y su forma de utilización (p.e. "corte y acarreo", pastoreo directo, ramoneo).

III. SISTEMAS FORRAJEROS BASADOS EN LA UTILIZACION DE LEGUMINOSAS

3.1. CERCAS VIVAS.

El uso de leguminosas arbóreas (p.e. *Gliricidia sepium*, *Erythrina poeppigiana*) en cercas vivas es un sistema tradicional en muchas áreas del trópico (2, 20, 22), pero en años recientes ha tomado mayor relevancia ecológica y económica, no sólo por que evita la intervención del bosque para la obtención de los postes, sino porque además su costo de estableci-

miento representa un ahorro del 46% con respecto a las cercas convencionales (8). Las cercas vivas además de servir para delimitar propiedades o potreros, proveen beneficios adicionales como es la producción de follajes ricos en proteína, leña, frutos y postes; el aporte de nutrientes al pasto vía la descomposición del material senescente, e incluso pueden funcionar como cortinas cortaviento.

La producción de follaje en cercas vivas es función de: la especie utilizada, edad de la cerca, distanciamiento entre árboles, frecuencia de poda, época del año y características agroclimáticas de sitio, entre otros factores. Estudios efectuados en el trópico húmedo de Costa Rica (27) han demostrado que las cercas de *Erythrina berteroana* poseen un mayor potencial productivo de fitomasa que las de *Gliricidia sepium*, que existe una alta variabilidad atribuible al "sitio", que las podas intensas y tan frecuentes como cada dos meses resultan en alta mortalidad de plantas (15 y 45% durante el primer año en *E. berteroana* y *G. sepium*, respectivamente.), mientras que las podas con intervalos de cuatro a seis meses constituyen una alternativa para el manejo sostenible de dichas cercas. Con base en los rendimientos de biomasa comestible obtenidos en *E. berteroana* podadas cada seis meses (de 3.42 a 6.65 tons de MS/km de cerca/año), se estima que para suplementar durante todo el año una vaca de doble propósito, proveyéndole 10 kg/día de follaje verde comestible (0.5% PV, base seca), se requieren de 110 a 215 m de cerca.

En contraste, en áreas con períodos de sequía marcados, muchas leguminosas arbóreas tienden a florecer y perder hojas durante el período seco (20). Bajo esas condiciones, la poda estratégica y escalonada de las cercas vivas al final del período de lluvias, de manera que al momento de la cosecha las cercas tengan unos cuatro meses de rebrote, es una alternativa para asegurar la disponibilidad de follaje rico en proteínas en la estación seca (7). Con ese manejo, la producción de follaje comestible ha variado entre 0.3 a 0.5 kg de MS/árbol, por lo que para proveer la proteína suplementaria requerida para el mantenimiento de bovinos de 300 kg de PV que consumen gramíneas típicas de la época seca (3% PC), se deberían podar de 2.7 a 4.5 árboles/animal/día. Considerando los distanciamientos típicos (1.6 a 2.6 m entre árboles), se necesitaría podar de 0.4 a 1.1 km de cerca para suplementar un animal durante 90 días de ese período.

3.2. BANCOS DE PROTEÍNA

El cultivo de leguminosas herbáceas o arbóreas en bloque compacto y a alta densidad, con miras a maximizar la producción de fitomasa de alta calidad nutritiva, se conoce como **banco de proteína**. Los bancos de proteína pueden ser cosechados regularmente y el forraje distribuido a animales estabulados, o pueden ser utilizados directamente por animales que se manejan en esquemas de pastoreo o ramoneo restringido, con una pocas horas de uso por día. Para este sistema se recomiendan leguminosas con alto potencial para producir hojas, buena capacidad de rebrote, persistentes bajo esquemas de defoliación frecuente e intensa, que presenten altos contenidos de proteína, que sean palatables y que posean bajos contenidos de factores anticualitativos (22).

La información generada en el trópico húmedo de América Central, respecto a la calidad nutritiva del forraje producido en el sistema de bancos de proteína con leguminosas arbóreas, y su potencial como suplemento proteico para animales productores de leche y carne, se encuentra en algunas revisiones de literatura publicadas en los últimos años (3, 11, 13, 20, 28). Por ello, en el presente trabajo sólo se incluyen algunos aspectos generales del establecimiento y el uso de los bancos de proteína, así como los avances más recientes relacionados con su manejo bajo corte y ramoneo.

Las investigaciones efectuadas en el trópico húmedo de Costa Rica (27) indican que para el establecimiento de bancos de proteína de especies arbóreas (p.e. *E. berteriana*, *G. sepium*), que van a ser manejados bajo corte, es recomendable el uso de estacas enteras (sólo porciones leñosas), depositadas horizontalmente y en hilera continua (como caña) en el fondo del surco, a una profundidad < 0.1 m, y con un distanciamiento entre surcos de 0.8 a 1.0 m. Además, el descortezado de la porción de la estaca que va en contacto con el fondo del surco favorece la producción de fitomasa, al menos durante los dos primeros años de uso del banco.

En este sistema, con podas efectuadas cada cuatro meses, a una altura de 40 cm, se obtuvo un rendimiento promedio de biomasa comestible de 19.2 ton de MS/ha/año con *E. berteriana* (el rendimiento fue un 55% inferior con *G. sepium*), pero el manejo sin fertilización provocó una declinación desde 27.2 a 11.6 ton de MS/ha/año entre el primero y tercer año de uso (8). Con base en estos resultados, y asumiendo un consumo de 10 kg de forraje verde/animal/día, se estima que con 1.0 ha de banco de proteína

de *E. berteriana* es posible suplementar 26.3 vacas de doble propósito (400 kg de PV).

Dentro del mismo esquema de manejo bajo corte, se ha demostrado en *G. sepium* que la combinación de frecuencia de defoliación cada 75 días con una intensidad de defoliación media (manteniendo como residuo foliar el tercio inferior de la copa) constituye el manejo más apropiado, tanto en términos de la tasa de producción de biomasa comestible (Figura 1), como de la sobrevivencia de plantas (16). Sin embargo, como en este manejo la defoliación se efectúa arrancando las porciones verdes ("ordeño de ramas") en lugar de podar ("corte de ramas"), la altura de planta se incrementa con el tiempo, de manera que para facilitar posteriores cosechas se deben efectuar "podas" (hasta la altura de 1.0 m) cuando las ramas leñosas alcancen >2.0. Bajo las condiciones del estudio se determinó que era posible tener ciclos de 4 a 6 defoliaciones parciales entre dos podas.

Los bancos de leguminosas arbóreas también pueden ser defoliados directamente por los animales (ramoneo), pero para ello deben hacerse algunas modificaciones en la distribución espacial, frecuencia e intensidad de uso. Para este propósito, se recomienda el arreglo de hileras dobles, con espaciamiento de 0.5 m entre ellas y de 1.2 m entre pares de hileras. Para favorecer el establecimiento, engrosamiento de tallos y acumulación de reservas, es conveniente dejar el banco de proteína sin uso por 8 a 12 meses después de la siembra, al cabo de los cuales se realiza un corte de uniformización a 0.5 m de altura, y se introducen los animales por primera vez 70 a 80 días después de dicho corte. En bancos de *G. sepium* (16) defoliados directamente por los animales (ramoneo), los mejores resultados en términos de productividad y sobrevivencia de plantas se han obtenido con un sistema rotacional 7/63 (ocupación de 2 h/día), manejado con una intensidad media de defoliación (Figura 2). Como un sistema de ese tipo requiere de 10 apartos, se estima que para vacas de doble propósito debe disponerse de 140 m²/vaca en cada apto, lo que equivale a una carga promedio de 0.6 UA/ha.

En las áreas húmedas de América Central también se han efectuado investigaciones respecto al manejo de leguminosas herbáceas en bancos de proteína. En un estudio efectuado en Costa Rica (23) sobre el uso de bancos de *Arachis pintoi* en un sistema de pastoreo rotacional 1/34 (ocupación de 4 h/día), como complemento al pastoreo en praderas de estrella (*Cynodon nlemfuensis*), las novillas lecheras que tuvieron acceso al banco de proteína ganaron más peso que aquellas del tratamiento control (0.555 y

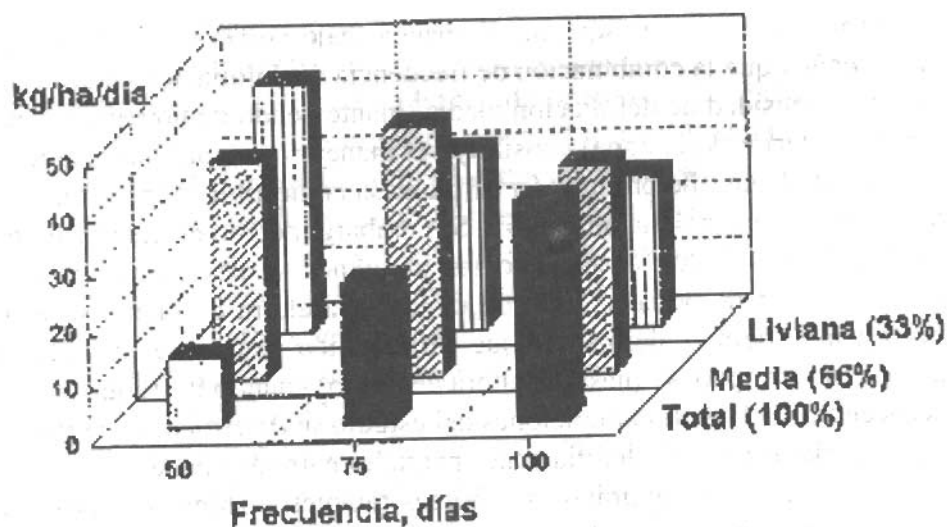


Figura 1. Tasa de producción de biomasa comestible (kg/ha/día) de *G. sepium* en función de la frecuencia e intensidad de defoliación (Mochiutti, 1995).

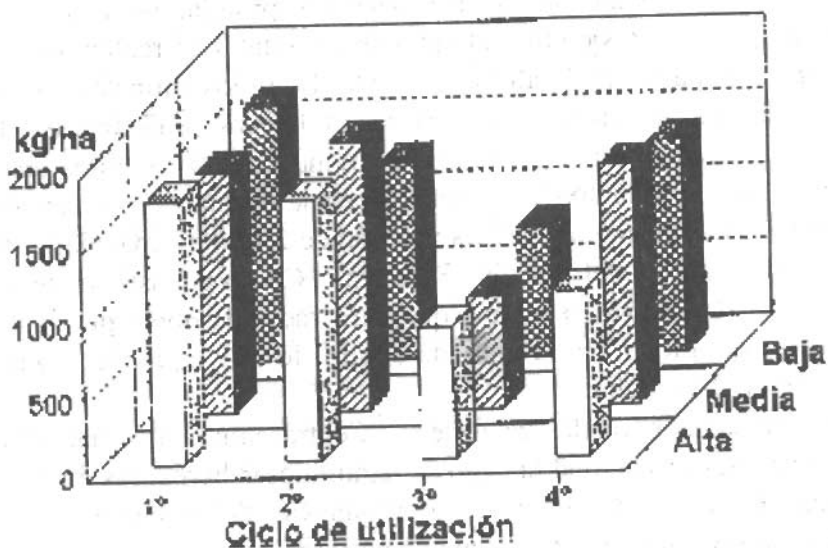


Figura 2. Disponibilidad de materia seca comestible de *G. sepium* (kg/ha) en función de la intensidad de ramoneo y el ciclo de utilización (Mochiutti, 1995).

0.476 kg/día, respectivamente). Por otro lado, las experiencias del Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Panamá (B. Pinzón y H. Ruiloba, comunicación personal) sobre la utilización de bancos de kudzú (*Pueraria phaseoloides*) y *Centrosema macrocarpum* en sistemas de pastoreo rotacional, con 16 a 20 vacas/ha y con períodos de ocupación de 1 a 2 h/día, han mostrado que los efectos benéficos sobre la producción de leche y la ganancia de peso de vacas en ordeño se manifiesta cuando la dieta base es el pastoreo de gramíneas de baja calidad (<6.0% PC). Los mismos investigadores también han obtenido respuestas positivas al uso de henos de *C. macrocarpum* y kudzú como suplemento para vacas de doble propósito que recibían dietas basales de caña de azúcar o de heno de *Digitaria swazilandensis*.

3.3. CULTIVO EN CALLEJONES ("Alley Cropping")

El **cultivo en callejones** es un sistema agroforestal en el cual se establecen hileras sencillas o dobles de leguminosas arbóreas distanciadas de 2 a 6 m, y entre ellas se siembran cultivos anuales. Las leguminosas son sometidas a podas y el follaje resultante es depositado como "**mulch**" sobre la superficie o incorporado al suelo como "**abono verde**" (18). Una variante forrajera de este sistema es el uso de gramíneas de corte en lugar de los cultivos anuales.

Dentro de este contexto, un primer experimento efectuado en el CATTIE (25) sobre el asocio de *E. poeppigiana* con el king grass (*Pennisetum purpureum* x *P. typhoides*) mostró que el rendimiento del pasto no era afectado por el asocio, había un ligero incremento en su contenido de nitrógeno, y se conseguía además la producción de un forraje rico en proteína (7.6 y 11.6 ton MS/ha/año, para las densidades de 1666 y 3333 árboles/ha, respectivamente). Sin embargo, la productividad del sistema se redujo marcadamente al segundo año, lo cual se atribuyó a la fuerte extracción de nutrientes (444, 30 y 396 kg/ha/año de N, P y K, respectivamente) y la ausencia de fertilización.

En otro experimento (14) se trató de dilucidar si el uso del follaje de la leguminosa como abono verde ayudaría a mantener la productividad del sistema en el largo plazo. Los resultados del estudio (Cuadro I) indicaron que la fijación y transferencia de N₂ ejercida por la *E. poeppigiana* permitía duplicar la producción de gramínea obtenida en monocultivo, y que el pasto respondía linealmente a la aplicación del follaje de la leguminosa

como abono verde. Sin embargo, esto exagera los problemas de extracción de nutrientes en el sistema, pues la restitución del 100% del follaje de la leguminosa resultó en incrementos en la producción del pasto de tal magnitud que la extracción de nutrientes fue casi el triple de la registrada para el monocultivo de gramínea sin fertilización (Cuadro I). En consecuencia, la sostenibilidad de un sistema de este tipo es altamente dependiente de la restitución de nutrientes vía fertilización.

Cuadro I. Producción de biomasa y extracción de nutrimentos en el sistema de cultivo en callejones king grass/*E. poeppigiana*, en función del nivel de retorno del follaje de la leguminosa como mulch (Adaptado de: Libreros *et al*, 1994).

Atributo	King Grass	Retorno de follaje, %			
	Solo	0	33	66	100
Producción de fitomasa, ton/ha/año					
• <i>E. poeppigiana</i>	---	9.0	8.5	8.3	9.2
• King grass	12.4	21.0	20.6	26.6	30.3
Extracción de nutrimentos, kg/ha/año					
• Nitrógeno	113	499	419	354	376
• Fósforo	26	59	54	53	60
• Potasio	254	549	553	587	767
• Calcio	43	146	126	103	111

3.4. PRADERAS ASOCIADAS

Las praderas asociadas gramínea/leguminosa son comunidades vegetales naturales o artificiales (sembradas), en las que ambos tipos de forrajes comparten simultáneamente el mismo terreno, y por tanto se dan entre ellas relaciones de competencia y complementariedad, las cuales son afectadas por la defoliación selectiva que ejercen los animales en pastoreo.

Varios autores (15, 21, 29,30) postulan que las praderas asociadas constituyen una alternativa sostenible para la intensificación de la producción ganadera basada en pasturas, y los datos experimentales así lo sustentan. Pese a ello, la adopción de estos sistemas en el trópico americano ha sido muy limitada, lo cual quizás pueda atribuirse a que: a) las variedades comerciales producidas en Australia -seleccionadas a partir de introducciones mayormente de América Tropical- presentaron problemas de adapta-

ción a las condiciones bióticas y abióticas de nuestro continente, b) no hay tradición en el uso de praderas asociadas, lo cual llevó a aplicarles el manejo de las gramíneas tropicales (C₄), ignorando la presencia de un componente leguminosa (C₃) con diferente eficiencia fotosintética y que es defoliado selectivamente por los animales en pastoreo; y c) la escasez de información básica que permitiera diseñar prácticas de manejo del pastoreo tendientes a favorecer la persistencia de las leguminosas (19).

Dentro de este marco, como parte de las acciones de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT), en 1987 se inició en Costa Rica un trabajo concertado y ordenado de evaluación de germoplasma de gramíneas y leguminosas (herbáceas y subarborescentes) para el trópico bajo del Istmo Centroamericano. En el caso particular del trópico húmedo, con base en los atributos agronómicos y de calidad nutritiva se identificaron como gramíneas promisorias varios ecotipos de *Brachiaria brizantha*, *B. humidicola*, *B. decumbens*, *B. ruziziensis*, *B. platynota* y *Panicum maximum* (33, 34); mientras que entre las leguminosas (26) se incluyeron varios genotipos de *Stylosanthes guianensis* (p.e. CIAT 136, 184 y 11366), los *Arachis pintoi* CIAT 18751 y 17434, la *Centrosema macrocarpum* CIAT 5733 y la *Pueraria montana* CIAT 17277. Además, algunos genotipos de *Flemingia macrophylla* y *Desmanthus virgatus* destacaron por su alto potencial de producción de fitomasa y adaptación a condiciones bióticas del ecosistema, pero mostraron bajos valores de digestibilidad, asociados a altos contenidos de taninos (32), por lo que no se continuó la evaluación en posteriores etapas del proceso de selección de germoplasma.

Con algunos de los materiales identificados como promisorios agronómicamente, se prosiguieron las investigaciones bajo pastoreo. En algunos casos utilizando las leguminosas para la rehabilitación de pasturas degradadas y en otras la renovación de las mismas, reemplazándolas por asociaciones de gramínea y leguminosa más productivas. En dichos estudios, además de medir la respuesta de los animales en producción de carne y leche, se ha documentado la selectividad y el potencial de persistencia de las leguminosas cuando dichas pasturas son sometidas a diferentes patrones de manejo del pastoreo, y se ha evaluado el impacto de la incorporación de las leguminosas sobre las características físicas y de fertilidad del suelo, así como sobre la meso- y microfauna responsables de la descomposición de la materia orgánica.

3.4.1. Uso de leguminosas para la rehabilitación de praderas degradadas de estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*)

La introducción de leguminosas en franjas de 1 m de ancho dentro de praderas degradadas de pasto estrella, con una distancia de 0.5 m entre hileras de leguminosa y 1 m entre franjas, resultó en incrementos en las disponibilidades de pasto estrella y de fitomasa total, así como en un ligero incremento en el contenido de proteína de la gramínea (9). Un año después de la rehabilitación, los mejores resultados correspondieron al kudzú (*P. phaseoloides*); sin embargo este efecto fue transitorio, pues el kudzú no persistió bajo el sistema de pastoreo rotacional (3/21) utilizado. En contraste, la presencia de *A. pintoi* y *Desmodium ovalifolium* en las pasturas tendió a incrementarse, ejerciendo luego los mismos efectos descritos para el kudzú (5).

En estas pasturas, los animales consumieron preferentemente pasto estrella y *A. pintoi*, y seleccionaron en contra de *D. ovalifolium*, pasto natural (mayormente *Axonopus compressus* y *Paspalum fasciculatum*) y material senescente (Cuadro II). Las vacas mantenidas en la asociación pasto estrella/*A. pintoi* mostraron un mayor consumo (28.1%) y obtuvieron una dieta de mayor calidad nutritiva (33.6% más PC, 13.0% más DIVMS) que aquellas pastoreando los potreros degradados; en contraste, la presencia del *D. ovalifolium* -una leguminosa que se caracteriza por un alto contenido de taninos (32)- no produjo mejoras en los parámetros de calidad nutritiva de la dieta (Cuadro II).

Lo anterior redundó en un 14% más de leche en la asociación estrella/*A. pintoi* (Cuadro III), pero esta diferencia hubiera sido mayor en presencia de un suplemento energético (21). Ahora bien, pese a que el estudio no fue diseñado para evaluar el efecto de la carga animal, el análisis de la información colectada sugiere que en este tipo de pasturas una carga de 2.9 UA/ha está por encima de la capacidad de soporte de la pastura, pues no sólo la productividad de leche fue ligeramente menor a la obtenida con la carga de 2.4 UA/ha, sino que además con la carga más alta hubo un deterioro de la pastura que se manifestó en mayor presencia de los componentes menos deseables (p.e. material senescente, *D. ovalifolium*), y en un crecimiento más postrado del *A. pintoi*, lo cual puede haber incidido negativamente sobre el tamaño del bocado y el consumo de pasto.

3.4.2. Renovación de pasturas degradadas mediante la siembra de asociaciones gramínea/leguminosa

En el trópico húmedo, al menos un 50% de las pasturas se encuentran en un estadio de degradación tal que la única opción para restituirles su potencial productivo es el reemplazo total de la vegetación existente, por

Cuadro II. Composición botánica y calidad nutritiva del forraje seleccionado por animales en praderas de pasto estrella solo y en asocio con *Arachis pintoi* CIAT 17434 y *Desmodium ovalifolium* CIAT 350 (Adaptado de: González, 1992).

Atributo	Estrella Monocultivo	Estrella + <i>A. pintoi</i>	Estrella + <i>D. ovalifolium</i>
Composición botánica ¹			
• Pasto Estrella, %	----	47.2 ^{a2}	64.7 ^b
• Leguminosa, %	----	37.9 ^a	16.8 ^b
• Pasto Natural, %	----	4.9 ^a	4.7 ^a
• Material senescente, %	----	10.0 ^a	13.8 ^b
Calidad nutritiva			
• PC ¹ , %	11.0 ^b	14.7 ^a	11.7 ^b
• DIVMS1, %	47.8 ^b	54.0 ^a	48.4 ^b
• Consumo Voluntario, % PV	2.67 ^b	3.42 ^a	2.78 ^b

1 Promedio de muestras colectadas el 1°, 3° y 5° día de ocupación

2 Medias con diferente letra dentro de una misma hilera difieren entre sí, según la prueba de Duncan ($P < 0.05$).

asociaciones de gramíneas y leguminosas adaptadas, y que sean capaces de persistir bajo pastoreo.

Este último aspecto es quizás de los menos estudiados -particularmente en el caso de las leguminosas tropicales-, por lo que se estudió la persistencia de tres leguminosas seleccionadas como promisorias (*A. pintoi* CIAT 17434, *S. guianensis* CIAT 184 y *C. macrocarpum* CIAT 5733). Para esta investigación las leguminosas se cultivaron asociadas con *B. brizantha* cv. Marandú y *B. humidicola* CIAT 6339, y las asociaciones se manejaron con cargas de 1.75 ó 3.0 UA/ha, en un sistema de pastoreo rotacional 5/30.

Como producto de esta investigación se identificó el *A. pintoi* como la leguminosa con mayor potencial de persistir bajo pastoreo, incluso cuando se maneja con carga alta. Es más, su población tendió a incrementar con el tiempo (Cuadro IV). Entre los mecanismos que contribuyen a la persistencia del *A. pintoi* se citan: longevidad de plantas madres (Cuadro V), floración y fructificación profusa a lo largo de casi todo el año, alta producción de semillas geocárpicas (enterradas) cuyo número tiende a incrementarse con el tiempo (Figura 3), gran capacidad para generar nuevos brotes con capacidad de enraizamiento y un crecimiento estolonífero bajo

Cuadro III. Producción y composición de la leche y contenido de urea en sueros sanguíneo y de leche, en vacas que pastorean praderas de pasto estrella solo y en asocio con *Arachis pintoi* CIAT 17434 y *Desmodium ovalifolium* CIAT 350 (González *et al*, datos no publicados).

Atributo	Estrella Monocultivo	Estrella + <i>A. pintoi</i> 1990	Estrella + <i>D. ovalifolium</i> 1990
Producción de leche			
• kg/vaca/día	7.7 ^{b1}	8.8 ^a	7.6 ^b
• kg/ha/día	22.32	25.5	22.0
Componentes de la leche, %			
• Grasa	3.8 ^a	3.9 ^a	3.7 ^a
• Proteína	3.1 ^a	3.3 ^a	3.1 ^a
• Sólidos Totales	13.1 ^{a,b}	13.6 ^a	12.8 ^b
Urea en suero sanguíneo, mg/dl	4.9 ^b	6.6 ^a	4.5 ^b
		1991/1992	
Producción de leche			
• kg/vaca/día	9.5 ^b	10.8 ^a	9.4 ^b
• kg/ha/día	22.8**	25.9	22.6
Componentes de la leche, %			
• Grasa	3.9 ^a	3.9 ^a	3.9 ^a
• Proteína	3.6 ^a	3.4 ^a	3.3 ^a
• Sólidos Totales	13.0 ^a	13.0 ^a	12.8 ^a
Urea en suero de leche, mg/dl	16.3 ^b	35.0 ^a	30.3 ^a

1 Medias con diferente letra dentro de una misma hilera difieren entre sí, según la prueba de Duncan ($P < 0.05$).

2* Con cargas de 2.9 y 2.4 UA ha⁻¹ en 1990 y 1991/1992, respectivamente.

Cuadro IV. Cambios con el tiempo en el número de plantas/m² de *A. pintoi* y *S. guianensis*, en asociaciones con *B. brizantha* o *B. humidicola* manejadas con una carga de 3.0 UA/ha (Ibrahim, 1994)

Meses ¹	<i>A. pintoi</i> +		<i>S. guianensis</i> +
	<i>B. brizantha</i>	<i>B. humidicola</i>	<i>B. humidicola</i>
0	40.8	69.6	---
6	96.4	135.7	1.2
12	149.6	395.4	1.1
18	179.3	279.0	0.9
24	205.3	102.3	0.7

1 Meses después de iniciado el pastoreo.

Cuadro V. Supervivencia (%) de *A. pintoi* y *S. guianensis* asociados con *B. brizantha* y *B. humidicola*, manejados con carga de 3.0 UA/ha (Ibrahim, 1994).

Meses ¹	<i>A. pintoi</i> +		<i>S. guianensis</i> +
	<i>B. brizantha</i>	<i>B. humidicola</i>	<i>B. humidicola</i>
3	95.5	96.5	81.0
6	86.0	89.0	58.2
9	74.0	79.0	38.2
12	59.0	66.0	17.3
15	43.5	51.0	1.1
18	23.2	28.0	0.0

¹ Meses después de iniciado el uso bajo pastoreo

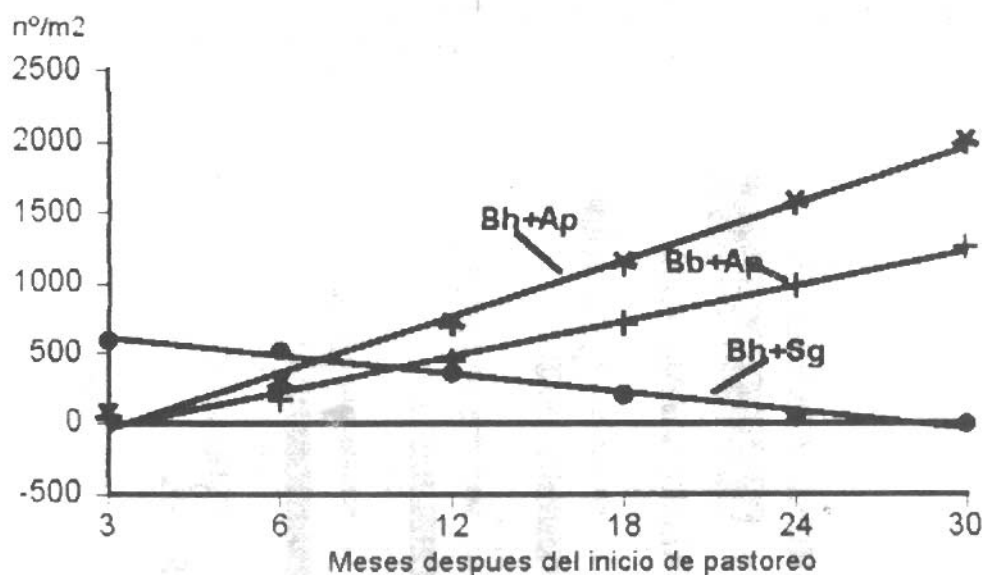


Figura 3. Bancos de semilla de leguminosas (n°/m²) en tres asociaciones pastoreadas con una carga de 3.0 UA/ha (Ibrahim, 1994).

y profuso que dificulta la defoliación completa de la leguminosa. En cambio, *C. macrocarpum* y *S. guianensis* persistieron bastante menos, la primera por una combinación de su hábito de crecimiento voluble, alta palatabilidad y ausencia de floración y fructificación cuando se maneja bajo pastoreo; mientras que en el caso del *S. guianensis* se detectó floración en una época del año, pero su tasa de producción de semillas fue baja y tendió a declinar con el tiempo (Figura 3), por lo que no fue capaz de reponer las plantas madres poco longevas (10).

En cuanto al impacto de este tipo de pasturas sobre la producción animal, evaluaciones a nivel de finca (21) mostraron que la incorporación de la asociación *B. brizantha/A. pintoi* en sistemas de doble propósito y de lechería especializada resultó en una mejora del 4.0 al 26.7% en la producción de leche por vaca, comparado con las pasturas tradicionales (Figura 4). Por otro lado, en un experimento conducido por cuatro años (6) se consiguió mantener el equivalente a 4.0 UA/ha y producir hasta 937 kg de ganancia de peso/ha/año en la asociación *B. brizantha/A. pintoi* manejada en un sistema rotacional 7/21, lo que representa un 30.9% más de la ganancia obtenida para *B. brizantha* sola (Cuadro VI). Así mismo, la productividad obtenida para el sistema asociado *B. brizantha/A. pintoi* es 5.9

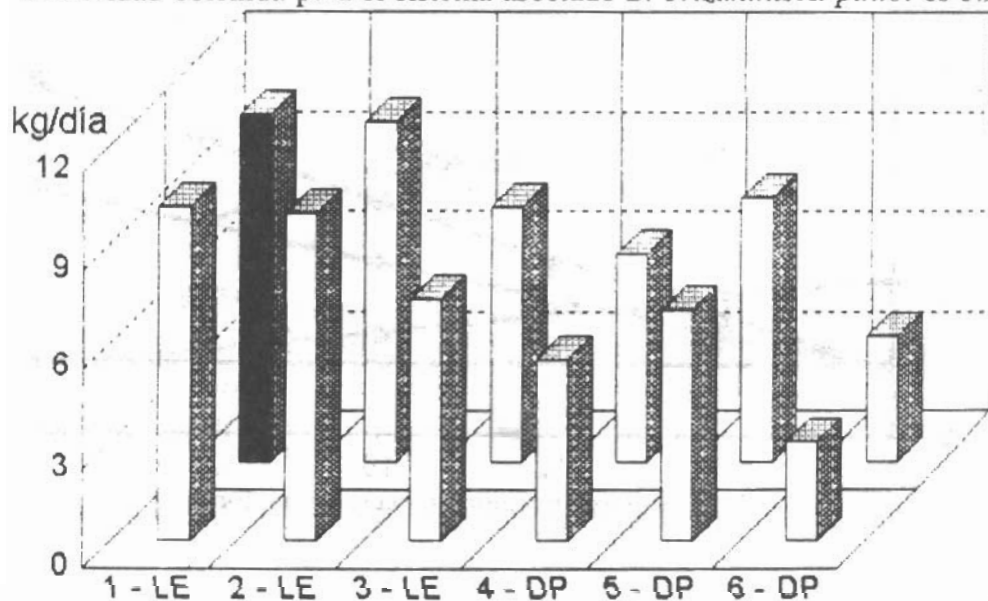


Figura 4. Producción de leche (kg/vaca/día) en pasturas tradicionales y asociaciones gramínea/leguminosa en fincas pequeñas de lechería especializada y doble propósito en el trópico húmedo de Costa Rica (Pezo et al, 1992).

Cuadro VI. Ganancia de peso (kg/año) en pasturas de *B. brizantha* sola y asociada con *A. pintoi*, manejadas con dos cargas animales en el trópico húmedo de Costa Rica (Adaptado de: Hernández et al, 1994)

Pastura (Carga)	Ganancia de peso	
	kg/animal/año	kg/ha/año
<i>B. brizantha</i>		
2.0 UA/ha	159	476 ¹
4.0 UA/ha	119	716
<i>B. brizantha</i> + <i>A. pintoi</i>		
2.0 UA/ha	178	534
4.0 UA/ha	154	937
LSD (p 0 0.05)	27	146

¹ El sistema tradicional (pasto natural) produce 158 kg/ha/año

Cuadro VII. Características físicas, de fertilidad y biológicas en suelos bajo praderas de *B. brizantha* sola y asociada con *A. pintoi*, manejadas bajo pastoreo por cuatro años (Adaptado de: Torres, 1995)

Características	<i>B. brizantha</i>	<i>B. Brizantha</i> + <i>A. pintoi</i>	Significancia (p < F)
Físicas			
• Densidad aparente, g/cm ³	0.82	0.78	n.s.
• Conductividad hidráulica, ml/h	3.20	5.37	n.s.
Fertilidad			
• pH	5.51	5.41	0.061
• Materia orgánica total (MOT), %	9.60	10.45	n.s.
• MO fácil degradación, % de MOT	47.1	54.8	0.059
• Nitrógeno, %	0.56	0.62	n.s.
• Fósforo, mg/l	2.19	1.83	n.s.
Biológicos			
• Tasa de mineralización, mg N/kg	0.62	0.11	0.020
• Nitrógeno microbiano, mg/kg	41.0	46.7	n.s.
• Densidad de lombrices, n°/m ²	194.6	370.9	0.027
• Biomasa de lombrices, g/m ² l	61.6	115.0	0.05

veces superior al promedio obtenido para los sistemas de pasturas prevalcientes en la zona ().

En el mismo ensayo, las evaluaciones de las características físicas, químicas y biológicas de los suelos, efectuadas al cabo de cuatro años de pastoreo (Cuadro VII), evidenciaron que los suelos bajo las praderas asociadas *B. brizantha*/*A. pintoi* mostraban una ligera ventaja en la conductividad hidráulica y tendieron a ser algo más ácidos que los de *B. brizantha* sola, pero no se detectaron diferencias en el contenido de nutrimentos en el suelo (31). Por otro lado, en los suelos donde se tuvo la asociación se detectó un mayor contenido de materia orgánica fácilmente degradable o fracción ligera, una tasa más rápida de mineralización del nitrógeno presente en la materia orgánica; un mayor aporte del nitrógeno microbiano a la solución del suelo y valores más altos para la densidad y biomasa de las lombrices responsables del proceso de humificación de los residuos orgánicos.

4. CONCLUSIONES

La información generada recientemente en el trópico húmedo bajo del Istmo Centroamericano, permite concluir que las asociaciones de gramíneas y leguminosas presentan ventaja sobre las pasturas tradicionales de gramíneas no sólo en su potencial de producción de leche y carne, sino que además evidencian un mayor potencial de sostenibilidad, a juzgar por los cambios favorables en las características físicas, biológicas y de fertilidad del suelo. Sin embargo, para que ello ocurra es necesario contar con leguminosas adaptadas a las restricciones bióticas y abióticas del ecosistema, buenas productoras de fitomasa, compatibles con las gramíneas promisorias y que posean mecanismos para persistir bajo las condiciones de corte, pastoreo o ramoneo que se les impone. Además el manejo de la defoliación (pastoreo o ramoneo) debe estar orientado a potenciar los mecanismos de persistencia que poseen dichas leguminosas. Entre las leguminosas herbáceas identificadas como promisorias para este ecosistema destaca el *Arachis pintoi* y entre las arbóreas la *Gliricidia sepium* y varias especies del género *Erythrina*.

V LITERATURA CITADA

1. Ayarza, M.A.; I.M. Rao y R.J. Thomas. 1994. Reciclaje de nutrimentos en pastizales tropicales de suelos ácidos. *In:* E.J. Homan (ed.). Ganadería y Recursos Naturales en América Central: Estrategias para la Sostenibilidad. Memorias Simposio/Taller, San José, Costa Rica, octubre 1991. pp. 163-173. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
2. Budowski, G. 1987. Living fences: a widespread agroforestry practice in Central America. *In:* H.L. Gholz (ed.). Agroforestry: Realities, possibilities, and potentials. pp. 169-178. Martinus Nijhoff, The Hague, The Netherlands.
3. Camero, A.; R. Vásquez; G. Alagón; M. Kass; y F. Romero. 1993. Uso de *Erythrina poeppigiana* como suplemento a forrajes con bajo contenido proteico. *In:* S.B. Westley y M.H. Powell (eds.). *Erythrina* in the New and Old Worlds. pp. 231-236. NFTA, Hawaii, U.S.A.
4. French, J.B. 1994. Estado actual y tendencias de la producción agropecuaria en América Central. *In:* E.J. Homan (ed.). Ganadería y Recursos Naturales en América Central: Estrategias para la Sostenibilidad. Memorias Simposio/Taller, San José, Costa Rica, octubre 1991. pp. 7-20. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
5. González, M.S. 1992. Selectividad y producción de leche en pasturas de estrella (*Cynodon nlemfuensis*) sola y asociada con las leguminosas forrajeras *Arachis pintoi* CIAT 17434 o *Desmodium ovalifolium* CIAT 350. Tesis *Mag. Sc.* CATIE, Turrialba, Costa Rica. 142 p.
6. Hernández, M.; P.J. Argel; A. Valerio. 1994. Ganancias de peso animal, selectividad y disponibilidad de forraje en pasturas de *B. brizantha* sola y asociada con *A. pintoi* en Guápiles, Costa Rica. *In:* Resúmenes XL Reunión de la Sociedad del PCCMCA. Marzo 13-19, 1994. pp. 51. Ministerio de Agricultura y Ganadería, San José, Costa Rica.
7. Hernández, M.J. y J. Benavides. 1994. Podas estratégicas de piñón cubano (*Gliricidia sepium*) para la producción de forraje en la época seca. *In:* J.E. Benavides (de.). Árboles y Arbustos Forrajeros en América Central. pp. 559-582. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
8. Holmann, F.; F. Romero; J. Montenegro; C. Chana; E. Oviedo, y A. Baños. 1992. Rentabilidad de sistemas silvopastoriles con pequeños productores de leche en Costa Rica, primera aproximación. *Turrialba* 42: 79.
9. Hurtado, J.; D.A. Pezo; C. Chaves; F. Romero. 1988. Caracterización de una pradera degradada de pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) bajo el efecto del pastoreo y la introducción de leguminosas en el trópico húmedo. *In:* E.A. Pizarro (de.). Memorias Y Reunión RIEPT/CAC. Veracruz, México. Noviembre 17-19, 1988. pp. 341-347. CIAT, Cali, Colombia.
10. Ibrahim, M.A. 1994. Compatibility, persistence and productivity of grass-legume mixtures for sustainable animal production in the Atlantic Zone of Costa Rica. *Ph.D.* Dissertation Wageningen Agricultural University, Wageningen, The Netherlands. 129 p.
11. Kass, M.; Benavides, J.; Romero, F.; Pezo, D. 1992. Lessons from main feeding experiments conducted at CATIE using fodder trees as part of the N-ration. *In:* A.

- Speedy and P. Pugliese (eds.). Legume Tree and other Fodder Trees as Protein Sources for Livestock. Proceedings of the FAO Expert Consultation held at MAR-DI, Kuala Lumpur, Malaysia, October 1991. pp. 161-175. FAO; Animal Production and Health Paper No. 102, FAO, Roma, Italy.
12. Kirchgessner, M.; F.X. Roth y W. Windisch. 1993. Minimizing environmental nitrogen and methane emissions by animal nutrition. *Ciencia e Investigación Agraria* 20: 480.
 13. Lascano, C.E.; y D.A. Pezo. 1994. Agroforestry systems in the humid forest margins of Tropical America from a livestock perspective. *In*: J.W. Copland, A. Djajaneegra y M. Sabrani (eds.). Agroforestry and Animal Husbandry for Human Welfare. Proceedings, International Symposium, Bali, Indonesia. June 1994. pp. 17-24. ACIAR Proc. No. 55. Armidale, N.S.W., Australia.
 14. Libreros, H.F.; J.E. Benavides; D. Kass; y D. Pezo. 1994. Productividad de una plantación asociada de poró (*Erythrina poeppigiana*) y king grass (*Pennisetum purpureum* x *P. typhoides*). I. Efecto de la adición de follaje al suelo sobre la producción y calidad de la biomasa. *In*: J.E. Benavides (ed.). Árboles y Arbustos Forrajeros en América Central. pp. 475-494. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
 15. Mannetje, L. t. 1991. Productividad y persistencia de las leguminosas y su adopción en pasturas tropicales. *In*: Contribución de las Pasturas Mejoradas a la Producción Animal en el Trópico. pp. 25-38. CIAT, Documento de Trabajo N° 80. Cali, Colombia.
 16. Mochiutti, S. 1995. Comportamiento agronómico y calidad nutritiva de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp. bajo defoliación manual y pastoreo en el trópico húmedo. Tesis *Mag. Sc.* CATIE, Turrialba, Costa Rica. 144 p.
 17. Myers, N. 1981. The hamburger connection: How Central Americas forest become North Americas hamburgers. *Ambio* 10: 3.
 18. NFTA (Nitrogen Fixing Trees Association). 1989. *Gliricidia* production and use. NFTA, Waimanalo, Hawaii.
 19. Pezo, D. 1994. Interacciones suelo-planta-animal en sistemas de producción animal basados en el uso de pasturas: Algunas experiencias en el trópico húmedo. *In*: T. Clavero (ed.), Memorias IV Curso de Producción e Investigación en Pastos, Sociedad Venezolana de Pastizales y Forrajes. Maracaibo, Venezuela, abril, 1994. pp. 113-140. Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela.
 20. Pezo, D.; M. Kass; J. Benavides; F. Romero; y C. Chaves. 1990. Potential of legume tree fodders as animal feed in Central America. *In*: C. Devendra (ed.) Shrubs and tree fodders for farm animals. Proceedings of a Workshop in Denpasar, Indonesia, 24-29 July, 1989. pp. 163-175. IDRC, Ottawa, Canada.
 21. Pezo, D.; F. Romero; y M. Ibrahim. 1992. Producción, manejo y utilización de los pastos tropicales para la producción de leche y carne. *In*: S. Fernández-Baca (ed.). Avances en la Producción de Leche y Carne en el Trópico Americano. pp. 47-98. FAO, Oficina Regional para América Latina y el Caribe, Santiago, Chile.
 22. Pezo, D.; F. Romero; y M.L. Kass. 1993. Manejo agronómico de leguminosas arbóreas para la producción de forrajes de calidad: Algunas experiencias con *Erythrina spp.* y *Gliricidia sepium*. *In*: I Simposio sobre Leguminosas Forrajeras Arbó-

- reas. Maracaibo, Abril 29-30, 1993. Universidad del Zulia y Sociedad Venezolana de Pastizales y Forrajes, Capítulo Zuliano. Maracaibo, Venezuela. 24 p. (*mimeo*).
23. RIEPT-MCAC (Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales-México, Centroamérica y el Caribe). 1995. Banco de proteína de *A. pintoii*. **Hoja Informativa** 3 (1): 1.
 24. Riesco, A.; y M. Ara. 1994. Perspectivas de la integración de sistemas agrosilvo-pastoriles. **In:** J.M. Toledo (ed.). Biodiversidad y Desarrollo Sostenible de la Amazonia en una Economía de Mercado. Memoria Seminario-Taller, Pucallpa, Perú, octubre 1994. pp. 83-104. IVITA, Lima, Perú.
 25. Rodríguez, R.A. 1985. Producción de biomasa de poró gigante (*E. poeppigiana*) y King grass intercalados, en función de la densidad de siembra y la frecuencia de poda del poró. Tesis **Mag. Sc.** UCR/CATIE, Turrialba, Costa Rica. 96 p.
 26. Roig, C.A. 1989. Evaluación preliminar de 200 accesiones de leguminosas forrajeras tropicales en el ecosistema de bosque tropical lluvioso en Costa Rica (Guápiles, Costa Rica). Tesis **Mag. Sc.** CATIE, Turrialba, Costa Rica. 179 p.
 27. Romero, M.; J. Montenegro; C. Chana; D. Pezo; y R. Borel. 1993. Cercas vivas y bancos de proteína de *Erythrina berteroana* manejados para la producción de biomasa comestible en el trópico húmedo de Costa Rica. **In:** S.B. Westley y M.H. Powell (eds.). *Erythrina in the New and Old Worlds*. pp. 205-210. NFTA, Hawaii, U.S.A.
 28. Romero, F.; S. Abarca; L. Corado; C. Tobón.; M. Kass; y D. Pezo. 1993. Producción de leche de vacas en pastoreo suplementadas con poró (*Erythrina poeppigiana*) en el trópico húmedo de Costa Rica. **In:** S.B. Westley y M.H. Powell (eds.). *Erythrina in the New and Old Worlds*. pp. 217-222. NFTA, Hawaii, U.S.A.
 29. Thomas, R.J.; C.E. Lascano; J.I. Sanz; M.A. Ara; J.M. Spain; R.R. Vera; y M.J. Fisher. 1992. The role of pastures in production systems. **In:** Pastures for the Tropical Lowlands: CIAT's Contributions. pp. 121-144. CIAT, Cali, Colombia.
 30. Toledo, J.M. 1994. Ganadería bajo pastoreo: Posibilidades y parámetros de sostenibilidad. **In:** E.J. Homan (ed.). Ganadería y Recursos Naturales en América Central: Estrategias para la Sostenibilidad. Memorias Simposio/Taller, San José, Costa Rica, octubre 1991. pp. 141-162. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
 31. Torres, M.I. 1995. Características físicas, químicas y biológicas en suelos bajo pasturas de *Brachiaria brizantha* sólo y en asocio con *Arachis pintoii* después de cuatro años de pastoreo en el trópico húmedo de Costa Rica. Tesis **Mag. Sc.** CATIE, Turrialba, Costa Rica. 98 p.
 32. Valerio, S. 1994. Contenido de taninos y digestibilidad *in vitro* de algunos forrajes tropicales. **Agroforestería de las Américas** 1(3): 10.
 33. Vallejos, A.; Pizarro, E.A.; Chaves, C.; Pezo, D.; Ferreira, P. 1989a. Evaluación agronómica de gramíneas en Guápiles, Costa Rica. 1. Ecotipos de *Brachiaria*. **Pasturas Tropicales** (Colombia) 11(2): 2.
 34. Vallejos, A.; Pizarro, E.A.; Chaves, C.; Pezo, D.; Ferreira, P. 1989b. Evaluación agronómica de gramíneas en Guápiles, Costa Rica. 1. Ecotipos de *Panicum*. **Pasturas Tropicales** (Colombia) 11(2): 10.