

Producción de leche en pasturas de estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) solo y asociado con *Arachis pintoii* o *Desmodium ovalifolium**

M. S. González, L. M. Van Heurck, F. Romero**, D. A. Pezo*** y P. J. Argel****

Introducción

En América tropical, el pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) está ampliamente difundido en suelos de fertilidad media a alta (GREDPAC, 1990; Pezo et al., 1992). Cuando esta especie se maneja con fertilización nitrogenada y en un sistema de pastoreo rotacional con alta intensidad de defoliación y períodos de descanso cortos se alcanzan altos niveles de productividad de leche (Duarte, 1991; Vicente-Chandler et al., 1974). No obstante, en estos sistemas frecuentemente la tasa de producción de fitomasa y la contribución de la gramínea disminuyen con el tiempo (González, 1991). Este proceso de degradación es más rápido si los nutrimentos extraídos no se restituyen mediante la fertilización (Blanco, 1991; Myers y Robbins, 1991).

Bajo estas condiciones, una alternativa para la rehabilitación de pasturas degradadas es la introducción de leguminosas adaptadas, competitivas y persistentes bajo pastoreo (Spain y Gualdrón, 1991). Debido a las características de crecimiento del pasto estrella es difícil encontrar una leguminosa compatible

con él. Sin embargo, Hurtado et al. (1988) demostraron que *Arachis pintoii* sembrado en franjas es una alternativa para la rehabilitación de pasturas degradadas de pasto estrella. El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar los efectos de *Arachis pintoii* CIAT 17434 y *Desmodium ovalifolium* CIAT 350 en la dinámica de la pastura, la selectividad, la calidad nutritiva y la producción de leche, cuando se emplean como parte de una estrategia para la rehabilitación de pasturas degradadas de estrella africana.

Materiales y métodos

Localización y suelos. El estudio se realizó en la finca experimental ganadera del CATIE, Turrialba, Costa Rica, localizada a 9° 53' de latitud norte y 83° 38' de longitud oeste, a 639 m.s.n.m., dentro de la zona de vida Bosque Húmedo Pre-Montano Tropical. La temperatura media anual es de 22.3 °C, la humedad relativa del 88.9%, la radiación de 417.7 cal/cm² por día y la precipitación, promedio anual, de 2636 mm. En la Figura 1 se presentan los promedios mensuales de precipitación registrados durante los últimos 30 años y los observados durante los períodos en que se efectuó este estudio.

El suelo en el área experimental es Typic Dystropepts franco-limoso, con pH 5.03, 8% de M.O., 18 ppm de P, sin problemas de saturación de aluminio. La topografía es plana con ligeros problemas de drenaje.

Pasturas. En el área experimental de 1.9 ha previamente se había evaluado el establecimiento en franjas de *Arachis pintoii* CIAT 17434, *Desmodium ovalifolium* CIAT 350 y kudzú (*Pueraria phaseoloides* CIAT 9900) para la rehabilitación de pasturas degradadas de pasto estrella africana (Hurtado et al., 1988).

* Trabajo basado en parte de las tesis presentadas por las dos primeras autoras para obtener el grado de Mag. Sc. en Producción Animal. Programa de Posgrado del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica. Financiado con fondos proporcionados por el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID) del Canadá para el Proyecto Sistemas Silvopastoriles para el Trópico Húmedo CATIE/MAG/IDA/CIID.

** Director de Estudios, Escuela Centroamericana de Ganadería (ECAG), Balsa de Atenas, Costa Rica.

*** Consultor en Pasturas y Nutrición de Rumiantes, San José, Costa Rica.

**** Coordinador RIEPT-MCAC, San José, Costa Rica.

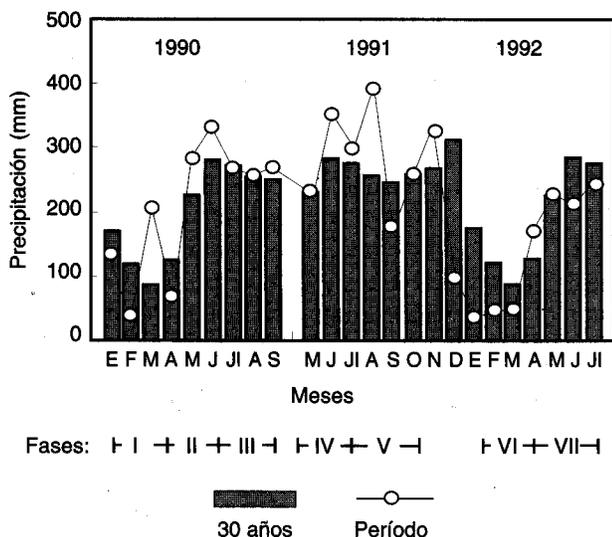


Figura 1. Promedio de la precipitación mensual en los últimos 30 años y durante el período experimental (Fases). Turrialba, Costa Rica.

Entre noviembre de 1986 y septiembre de 1989, en dichas pasturas se determinó la dinámica poblacional de sus componentes bajo el efecto de dos niveles de carga animal. Para el presente trabajo sólo se consideraron el monocultivo de estrella y las asociaciones con *A. pintoi* y *D. ovalifolium*. En los potreros había desaparecido el kudzú y existía una invasión baja de pastos naturales —*Axonopus compressus* en terrenos secos y *Paspalum fasciculatum* en las áreas más húmedas.

En el estudio se conservaron los potreros previamente utilizados por Hurtado et al. (1988) y cuyos tamaños variaron de acuerdo con la carga animal; para el efecto, cada tipo de pastura se distribuyó en cuatro potreros: dos de 937 m², que se pastoreaban durante 3 días, y otros dos de 1406 m², que se pastoreaban durante 5 días. Sin embargo, como el ciclo de rotación duraba 26 días en total, fue necesario utilizar potreros adicionales de pasto estrella. La carga animal (1 UA = 400 kg de PV) utilizada en las tres primeras fases¹ (enero a septiembre de 1990) fue de 2.9 UA/ha, pero se redujo a 2.4 UA/ha para las cuatro fases restantes (mayo a octubre de 1991, y febrero a julio de 1992).

Los potreros no se fertilizaron durante el período experimental, excepto en las dos últimas fases (enero a julio de 1992) cuando la gramínea sola recibió una aplicación equivalente de 100 kg/ha de N por año. Entre octubre de 1990 y abril de 1991, y entre

1. Cada fase comprendió tres ciclos de rotación de 26 días de duración cada uno.

noviembre de 1991 y enero de 1992, los potreros se utilizaron con novillas; por lo tanto, no se midió la producción de leche en esos períodos, pero sí se efectuaron los controles de malezas y los cortes de uniformización necesarios.

Tipo de animales utilizados. Para la determinación de la producción de leche y de sus componentes se utilizaron vacas Jersey (J), Criollo Lechero Centroamericano (C) y cruzadas (CxJ), las cuales se manejaron en un sistema de lechería especializada con dos ordeños por día. En cada una de las fases (Figura 1) o repeticiones en el tiempo, se utilizaron diferentes grupos de vacas. En cada grupo, todas las vacas tenían entre 45 y 60 días posparto, siendo lo más homogéneas posible, en el número de partos, la producción de leche en la lactancia previa y en la que se les aplicaron los tratamientos. Para la determinación de la selectividad se utilizaron novillos fistulados en el esófago. Además, todos los animales recibieron agua y sales mineralizadas a voluntad, como único alimento adicional al cosechado durante el pastoreo.

Mediciones en la pastura. En cada ciclo de pastoreo, en el forraje en oferta y residual se determinaron la disponibilidad de fitomasa total y de material verde e inerte, mediante la técnica de rendimiento comparativo (Haydock y Shaw, 1975). La composición botánica sólo se estimó en el forraje en oferta, utilizando la técnica del rango de peso seco (t Mannetje y Haydock, 1963).

Para determinar el contenido de proteína cruda (PC) y la digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS), se tomaron submuestras del forraje cosechado para la estimación de la disponibilidad total de MS y de aquellas separadas manualmente para la determinación de los componentes verde e inerte.

Determinación de la selectividad y el consumo. Las determinaciones de la selectividad se hicieron en febrero y junio de 1992 (Fases VI y VII) que coincidieron con períodos de mínima y máxima precipitación, respectivamente. En cada potrero, durante el primero, tercero y quinto día de ocupación, se introdujeron durante 20 min dos novillos fistulados en el esófago, los cuales habían estado en ayuno durante 6 a 8 h. En las muestras de extrusa se determinaron la calidad nutritiva (PC y DIVMS) y la composición botánica del forraje seleccionado (Heady y Torell, 1959). En junio de 1992 se estimó el consumo de pasto utilizando óxido crómico como marcador de producción fecal y la DIVMS del forraje ingerido (Lascano, 1990).

Medición de la producción y la calidad de la leche.

En cada ciclo de pastoreo, durante el segundo, tercero y cuarto día de ocupación de los dos potreros en que se

efectuaban las evaluaciones, se pesó individualmente para cada vaca la leche producida en dos ordeños. Además, se tomaron alícuotas de la producción en cada ordeño para preparar una muestra compuesta de leche por vaca y por ciclo de pastoreo, en las que se analizaron los contenidos de proteína por el método de titulación con formol, de grasa por el método de Babcock y de sólidos totales por el método gravimétrico (Bateman, 1970). En forma adicional, durante las tres primeras fases del ensayo (enero a septiembre de 1991) se determinó el contenido de urea en el suero sanguíneo (SIGMA, 1985), y en las dos últimas fases (febrero a julio de 1992) se hizo el mismo análisis pero en muestras de suero de la leche.

Diseño experimental. Como las cargas animales utilizadas en las tres primeras fases fueron diferentes a las aplicadas en las cuatro fases restantes (2.9 y 2.4 UA/ha, respectivamente), los datos obtenidos en ambas etapas se analizaron como ensayos independientes. Los atributos medidos en la pastura se analizaron utilizando un diseño de parcelas divididas en el tiempo, con dos repeticiones espaciales, en el cual las pasturas constituyeron las parcelas principales, las fases de pastoreo las subparcelas y los ciclos de pastoreo las sub-subparcelas. Para el análisis de los datos de selectividad se utilizó un diseño de parcelas divididas en el tiempo, con dos repeticiones (animales), en el

cual las pasturas fueron las parcelas principales y los días de muestreo las subparcelas.

Para el análisis de las variables de producción de leche y sus constituyentes, así como para el consumo de MS, se utilizó un diseño de sobrecambio (Lucas, 1983) en cuadrado latino 3x3, replicado en el tiempo (fases). En cada cuadrado, las columnas estuvieron constituidas por dos vacas y las hileras por los ciclos de pastoreo. Para el sobrecambio se utilizaron 6 días de adaptación de los animales a las pasturas experimentales y 10 días de medición; en los 10 días restantes del ciclo, las vacas permanecieron en pasto estrella.

Resultados y discusión

Disponibilidad de fitomasa total y de sus componentes. La presencia de las leguminosas favoreció una mayor ($P < 0.05$) disponibilidad de fitomasa total y de materia verde (MV), tanto antes del ingreso como después de la salida de los animales (Cuadro 1), pero este efecto fue más marcado en el período 1991-1992 durante el cual se utilizó la carga de 2.4 UA/ha. También en este período fue evidente el efecto benéfico ($P < 0.05$) de las leguminosas sobre la disponibilidad de pasto estrella, lo cual sugiere algún grado de transferencia del nitrógeno fijado por éstas (Hurtado et al., 1988; Ibrahim, 1994), además de que su

Cuadro 1. Disponibilidad de fitomasa (MS, t/ha) total y de sus componentes, antes y después del pastoreo, en pasturas de pasto estrella solo y asociado con *Arachis pintoi* CIAT 17434 y *Desmodium ovalifolium* CIAT 350. Turrialba, Costa Rica.

Atributo	Estrella solo	Estrella + <i>A. pintoi</i>	Estrella + <i>D. ovalifolium</i>
1990			
Fitomasa total en oferta	3.01 a*	3.30 a	3.37 a
Materia verde	1.69 b	2.28 ab	2.58 a
Materia senescente	1.31 a	1.01 ab	0.79 b
Pasto estrella	1.54 a	1.48 a	0.73 b
Leguminosa	—	1.44 a	1.69 a
Fitomasa total residual	2.48 b	2.86 b	3.11 a
Materia verde	1.29 b	1.85 b	2.54 a
Materia senescente	1.18 a	1.01 a	0.57 b
1991-1992			
Fitomasa total en oferta	3.50 b	3.96 a	3.96 a
Materia verde	2.77 b	3.36 a	3.35 a
Materia senescente	0.72 a	0.59 b	0.61 b
Pasto estrella	1.26 b	1.50 a	1.47 a
Leguminosa	—	1.49 a	1.41 a
Fitomasa total residual	2.63 b	3.22 a	3.35 a
Materia verde	1.78 b	2.17 a	2.34 a
Materia senescente	0.85 b	1.04 a	1.01 a

* Promedios en una misma hilera seguidos de letras iguales no difieren en forma significativa ($P < 0.05$), según la prueba de Duncan (Pozo et al., 1992).

material senescente es más rico en nutrientes como el N, Ca, K (Rao et al., 1992).

Los resultados obtenidos reafirman el potencial de ambas leguminosas para la rehabilitación de pasturas degradadas (Hurtado et al., 1988), pues la disponibilidad del pasto tendió a mantenerse constante en la asociación con *A. pinto*, e inclusive aumentó en la asociación con *D. ovalifolium*, mientras que tendió a disminuir en el monocultivo. Es importante anotar que los componentes de *A. pinto* se mineralizan más rápidamente que los de *D. ovalifolium* (Rao et al., 1992); por lo tanto, el efecto benéfico del primero sobre la gramínea posiblemente se manifestó desde el primer año de establecido.

Dinámica de los componentes de la pastura. En 1990, las pasturas se sometieron a una mayor intensidad de defoliación (carga de 2.9 UA/ha), y como resultado la contribución de los diversos componentes en la pastura de gramínea sola tendió a permanecer relativamente constante, siendo de 50%, 40% y 10% para estrella, pasto natural y malezas, respectivamente. En contraste, en las asociaciones las leguminosas tendieron a reemplazar a las gramíneas —pastos estrella y natural— y a las malezas, llegando inclusive a constituir 60% de la biomasa disponible en la Fase III (Figura 2).

Por lo anterior, entre las Fases III y IV se aplicaron los conceptos del manejo flexible del pastoreo (Spain y Pereira, 1985) para favorecer la recuperación de la gramínea, e inclusive la carga más baja (2.4 UA/ha) se mantuvo durante el resto del ensayo. En las últimas cuatro fases, la composición botánica en la asociación pasto estrella-*A. pinto* permaneció relativamente constante (Figura 2); en cambio, en las pasturas de estrella con *D. ovalifolium* la leguminosa fue parcialmente reemplazada por pasto natural, mientras que varió poco la contribución de pasto estrella y de malezas. En contraste, las pasturas de gramínea sola sufrieron una marcada degradación, con sustitución del pasto estrella por especies menos exigentes en nutrientes, como lo son las del complejo de pastos naturales (Pezo et al., 1992).

Calidad nutritiva del forraje en oferta. La asociación pasto estrella-*A. pinto* mostró valores más altos ($P < 0.05$) de PC y DIVMS en la fitomasa total y en la MV en oferta que el monocultivo de gramíneas, aunque en 1992 la DIVMS de esta última no fue afectada por el tipo de pastura (Cuadro 2). El efecto positivo de *A. pinto* sobre la calidad nutritiva de la fitomasa en oferta se atribuye, no sólo a su mayor contenido de PC y DIVMS que el pasto estrella, sino también al efecto que tiene sobre la calidad de la gramínea (Hurtado et al., 1988).

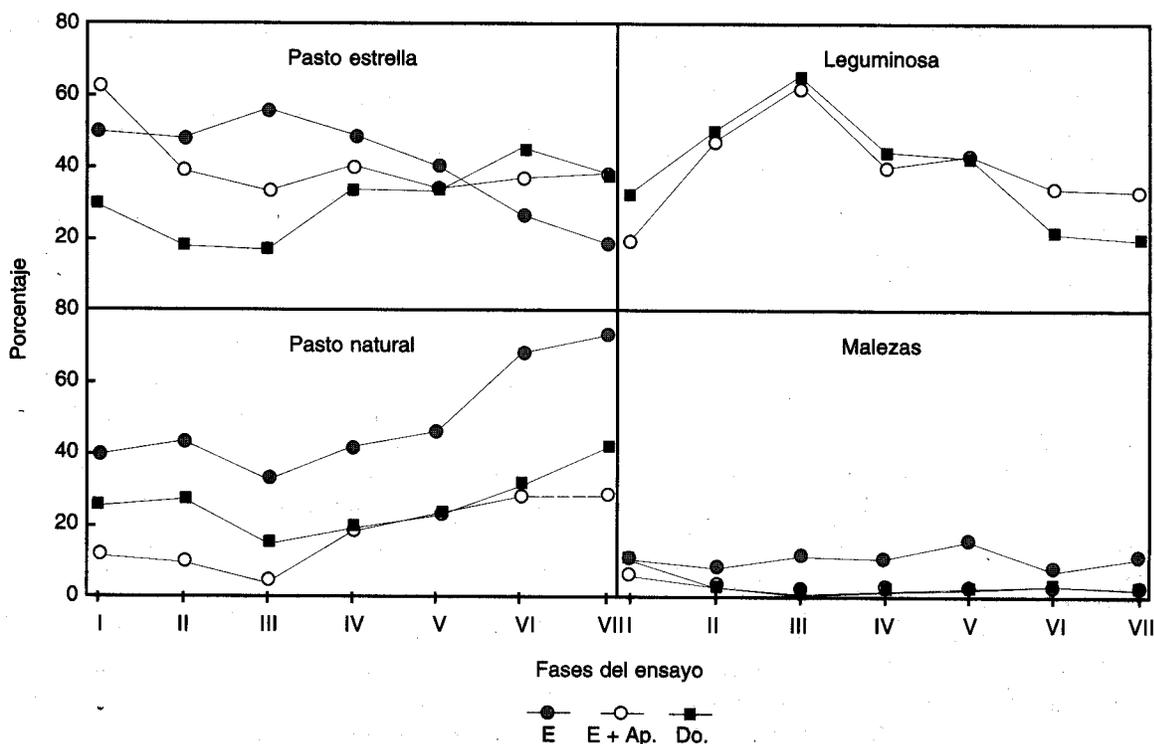


Figura 2. Dinámica de la composición botánica en pasturas de pasto estrella solo (E) y asociado con *Arachis pinto* (E + Ap.) y *Desmodium ovalifolium* (E + Do.) manejado en pastoreo con vacas. Turrialba, Costa Rica.

Cuadro 2. Porcentaje de proteína cruda (PC) y digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) de la fitomasa en oferta, en pasturas de pasto estrella solo y asociado con *Arachis pintoi* CIAT 17434 y *Desmodium ovalifolium* CIAT 350.

Atributo	Estrella solo	Estrella + <i>A. pintoi</i>	Estrella + <i>D. ovalifolium</i>
1990			
Fitomasa en oferta			
PC	9.0 b*	12.0 a	11.0 a,b
DIVMS	45.0 ab	53.0 a	44.0 b
Materia verde en oferta			
PC	10.0 c	15.3 a	12.7 b
DIVMS	50.3 b	57.0 a	45.0 c
1992**			
Fitomasa en oferta			
PC	11.9 b	14.7 a	14.2 a
DIVMS	52.8 b	55.1 a,b	56.3 a
Materia verde en oferta			
PC	12.4 b	14.8 a	14.5 a,b
DIVMS	59.2 a	58.6 a	59.4 a
Materia senescente en oferta			
PC	7.2 a	7.0 a	7.9 a
DIVMS	32.0 a	29.4 b	33.0 a

* Promedios en una misma hilera seguidos de letras iguales no difieren en forma significativa ($P < 0.05$), según la prueba de Duncan.

** Los contenidos de PC y DIVMS corresponden a muestras recolectadas entre febrero y julio de 1992 (Fases VI y VII).

Por otro lado, en 1991 la asociación pasto estrella-*D. ovalifolium* mostró una menor calidad nutritiva que la asociación pasto estrella-*A. pintoi*, pero las diferencias tendieron a desaparecer en 1992. Este comportamiento se relacionó con los cambios en la contribución de *D. ovalifolium* en la fitomasa en oferta, que alcanzó un valor máximo ($> 60\%$) en el primer año, pero luego declinó hasta 20% en las Fases VI y VII (Figura 2). Además, se sabe que *D. ovalifolium* presenta un contenido ligeramente menor de PC que *A. pintoi*, pero tiene valores de DIVMS significativamente inferiores debido a su alto contenido de taninos (Hurtado et al., 1988; Roig, 1989). La mejor calidad de la fitomasa en oferta observada en 1992 fue influenciada, en alguna forma, por la menor carga animal utilizada en ese año, lo cual incidió en una baja contribución del material senescente de pobre calidad (Cuadro 2).

Composición botánica y calidad de la dieta seleccionada. El pasto estrella fue el principal componente de la dieta en todas las pasturas, pero su contribución fue superior ($P < 0.05$) en la asociación con *D. ovalifolium* (65%) que en la asociación con *A. pintoi* (47%). Por otro lado, la contribución de la leguminosa fue más del doble ($P < 0.05$) en las pasturas que contenían *A. pintoi* (38%) que en las que contenían *D. ovalifolium* (17%) (Cuadro 3). Cuando se comparan los valores de este Cuadro con los de composición botánica en las Fases VI y VII (Figura 2),

es evidente que los animales seleccionaron a favor del pasto estrella y de *A. pintoi* y en contra de *D. ovalifolium*, pasto natural y material inerte. Como consecuencia de este patrón de selección y de las características de calidad de los componentes individuales (Hurtado et al., 1988; Lascano, 1994), los animales que pastoreaban las asociaciones con *A. pintoi* obtuvieron una dieta de mayor calidad nutritiva (34% más PC y 13% más DIVMS) y presentaron un nivel de consumo 28% superior al obtenido en las pasturas de solo estrella, mientras que las características nutricionales de la dieta de los animales que pastorearon la asociación con *D. ovalifolium* fueron similares a las obtenidas con estrella en monocultivo (Cuadro 3).

El análisis de los cambios en la composición botánica de la dieta en función del tiempo de permanencia en la pastura (Cuadro 4), mostró que la contribución de la gramínea tendió a permanecer constante en la dieta de los animales que pastorearon la asociación estrella-*A. pintoi*; en contraste, la alta palatabilidad de *A. pintoi* (Lascano, 1994) contribuyó a una mayor presencia de esta leguminosa en la dieta durante el primer día de ocupación, cuando la disponibilidad del forraje en oferta fue alta, pero luego tendió a declinar. En la asociación con *D. ovalifolium*, por el contrario, el pasto estrella fue el componente preferido por los animales, de manera que su contribución a la dieta fue máxima en el primer día

Cuadro 3. Composición botánica (%) y calidad nutritiva (%) del forraje seleccionado por novillos fistulados en el esófago, en pasturas de pasto estrella solo y asociado con *Arachis pintoi* CIAT 17434 y *Desmodium ovalifolium* CIAT 350.

Atributo	Estrella solo	Estrella + <i>A. pintoi</i>	Estrella + <i>D. ovalifolium</i>
Composición botánica*			
Pasto estrella		47.2	64.7 b**
Leguminosa		37.9	16.8 b
Pasto natural		4.9	4.7 a
Materia senescente		10.0	13.8 b
Calidad nutritiva			
PC*	11.0	14.7	11.7 b
DIVMS*	47.8	54.0	48.4 b
Consumo voluntario (% PV)	2.67	3.42	2.78 b

* Promedio en muestras de extrusa recolectadas el primero, tercero y quinto día de ocupación.

** Promedios en una misma hilera seguidos de letras iguales no difieren en forma significativa ($P < 0.05$), según la prueba de Duncan.

Cuadro 4. Efecto del largo del período de ocupación sobre la selectividad en novillos fistulados que pastorean pasto estrella africano (*Cynodon nlemfuensis*) asociado con *Arachis pintoi* (E + Ap) y *D. ovalifolium* (E + Do).

Atributo	Día primero		Día tercero		Día quinto	
	E + Ap	E + Do	E + Ap	E + Do	E + Ap	E + Do
Pasto estrella	47.8 a*	76.8 a	48.4 a	59.3 b	45.5 a	58.0 b
Leguminosa	44.3 a	13.8 b	36.4 b	19.0 a	33.0 b	17.7 ab
Pasto natural	2.0 c	3.0 b	4.9 b	6.0 a	7.8 a	5.0 a
Materia senescente	6.0 c	6.5 c	11.1 b	15.7 b	15.3 a	18.3 a
PC	17.5 a	13.3 a	13.1 b	10.5 b	13.3 b	11.3 b
DIVMS	58.0 a	56.7 a	50.9 b	44.5 b	53.1 b	44.1 b

* Promedios en una misma hilera seguidos de letras iguales no difieren en forma significativa ($P < 0.05$), según la prueba de Duncan

(77%), pero declinó hasta un 46% al quinto día de ocupación; en este caso, la contribución de la leguminosa tendió a incrementar con el tiempo, pero su presencia en la dieta permaneció siempre por debajo de su presencia relativa en el forraje en oferta (Figura 2), lo que confirma la poca palatabilidad de esta especie (Lascano et al., 1991).

En ambas pasturas, a medida que el período de ocupación fue más largo también aumentó la presencia en la dieta de los otros dos componentes de la pastura, destacándose que el material senescente superó al pasto natural (Cuadro 4). Entre los componentes del complejo pasto natural se reconoce a *P. fasciculatum* como una especie poco palatable (Martínez, 1992); en cambio, con *A. compressus* es posible que su hábito de crecimiento rastroero haya afectado la capacidad de cosecha de los animales en pastoreo (Gordon y Lascano, 1993).

La calidad nutritiva de la dieta fue más alta el primer día de ocupación, cuando los animales tuvieron la mayor oportunidad de selección (Cuadro 4). En los

días de medición, los mayores valores de PC y DIVMS en la dieta se encontraron en la asociación pasto estrella-*A. pintoi*, mientras que en todos los muestreos la pastura de gramínea sola presentó la menor calidad (12.8%, 10.0% y 10.3% de PC y 50.6%, 49.0% y 43.8% de DIVMS para el primero, tercero y quinto día de ocupación, respectivamente). Los cambios observados a través del período de ocupación correspondieron con las diferencias anotadas en la composición botánica de las muestras de extrusa (Cuadro 4), pero es posible, también, que con el tiempo haya ocurrido una disminución en la presencia de hojas en la dieta (Ibrahim, 1994), las cuales son una fracción con mayor calidad nutritiva que los tallos (Minson et al., 1993).

Producción y composición de la leche. Durante todo el estudio (Figura 3), la mayor producción de leche ($P < 0.05$) se obtuvo en las pasturas de estrella asociado con *A. pintoi*; en cambio, no se encontraron diferencias entre la asociada con *D. ovalifolium* y la gramínea sola. Cuando se utilizó la carga de 2.9 UA/ha (Fases I, II y III) se obtuvo una menor

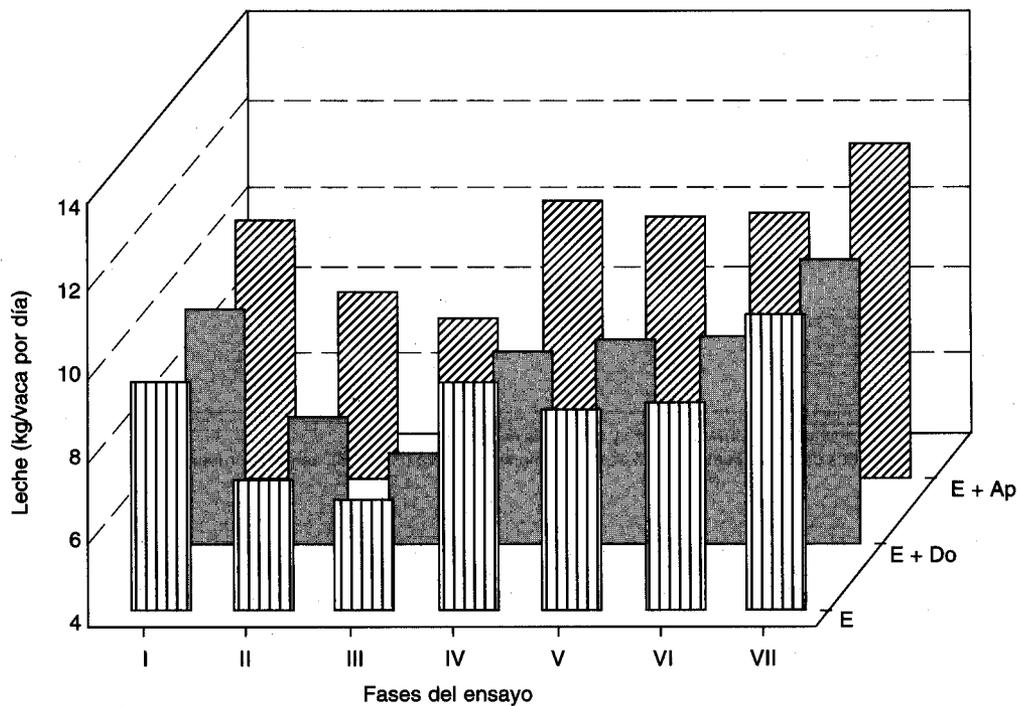


Figura 3. Producción de leche de vacas en pasturas de pasto estrella (E) solo y asociado con *Arachis pinto* CIAT 17434 (E + Ap) y *Desmodium ovalifolium* CIAT 350 (E + Do). Turrialba, Costa Rica.

producción de leche por vaca en todos los tratamientos, la cual tendió a disminuir con el tiempo; por el contrario, durante las últimas cuatro fases, en las que se utilizó una carga de 2.4 UA/ha, también se detectaron diferencias en producción de leche debidas al tipo de pastura, pero dentro de éstas tendió a presentarse con mayor constancia, excepto en la Fase VII cuando se lograron las mayores niveles de producción en todos los tratamientos.

El efecto de la carga animal sobre la producción de leche por vaca está bien documentado en la literatura (Cowan et al., 1993); en cambio, la declinación de la producción observada durante las tres primeras fases aparentemente está asociada con la pérdida gradual del potencial productivo que manifestaron todas las pasturas, tal como lo comprobaron los promedios de disponibilidad de MS de 3.17, 2.58 y 2.07 t/ha para las Fases I, II y III, respectivamente, lo que, a su vez, pudo incidir negativamente sobre la selectividad y el consumo (Minson et al., 1993). Adicionalmente, los cambios en la composición botánica de la fitomasa en oferta (Figura 2) pudieron afectar también este comportamiento, especialmente en la pastura asociada con *D. ovalifolium*, en la cual esta leguminosa poco palatable tendió a dominar.

La composición de la leche fue poco afectada por el tipo de pastura utilizada (Cuadro 5), encontrándose sólo diferencias ($P < 0.09$) atribuibles a las pasturas en el contenido de sólidos totales durante 1990, y en el contenido de urea en el suero de la leche ($P < 0.0001$) durante el período 1991-1992. En 1990 también se detectaron diferencias ($P < 0.05$) en la concentración de urea en el suero sanguíneo debido al tipo de pastura utilizada (Cuadro 5). Aún cuando no se presentan los resultados, se debe mencionar que la fase o época del año en que se efectuaron las mediciones afectó el contenido de grasa en la leche en 1990-1991 ($P < 0.03$) y en 1992 ($P < 0.08$), lo que coincide con las observaciones de Lascano et al. (1991) en pasturas de gramíneas solas y asociadas con leguminosas.

Discusión general

Diferentes mecanismos pueden haber incidido en la persistencia de ambas leguminosas cuando se asociaron con una especie tan agresiva como el pasto estrella, y se manejaron con cargas animales relativamente altas (2.4 a 2.9 UA/ha) para una asociación (Minson et al., 1993). *Arachis pinto* tiene hábito de crecimiento postrado y tolera pastoreo

Cuadro 5. Producción y composición de la leche y contenido de urea en sueros sanguíneo y de leche, en vacas que pastorearon pasturas de estrella solo y en asociación con *Arachis pintoi* CIAT 17434 y *Desmodium ovalifolium* CIAT 350.

Atributo	Estrella solo	Estrella + <i>A. pintoi</i>	Estrella + <i>D. ovalifolium</i>
1990			
Producción de leche			
kg/vaca por día	7.7 b*	8.8 a	7.6 b
kg/ha por día	22.3**	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 por día	9.5 b	10.8 a	9.4 b
kg/ha por 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

* Promedios en una misma hilera seguidos de letras iguales no difieren en forma significativa ($P < 0.05$), según la prueba de Duncan.

** Cargas animales de 2.9 y 2.4 UA/ha en 1990 y 1991-1992, respectivamente.

intenso. Su persistencia es favorecida, además, por su gran capacidad para emitir estolones enraizadores y por la reserva de semillas en el suelo, gracias a que en el trópico húmedo florece y produce semilla durante todo el año (Argel, 1994; Ibrahim, 1994; Pizarro y Rincón, 1995). Por el contrario, la persistencia de *D. ovalifolium* parece deberse a su baja palatabilidad (Lascano et al., 1991).

Los resultados del presente estudio confirman, no sólo las ventajas comparativas en calidad nutritiva y en palatabilidad de *A. pintoi* en comparación con *D. ovalifolium* (Lascano, 1994), sino también su efecto mejorador sobre la disponibilidad y calidad nutritiva del forraje en oferta cuando se asocia con gramíneas (Hurtado et al., 1988; Ibrahim, 1994). Lo anterior resulta en una dieta de mejor calidad para las vacas mantenidas en pasturas asociadas de pasto estrella con *A. pintoi* (Cuadro 3), comparada con la gramínea sola. En contraste, la presencia de *D. ovalifolium* en niveles próximos al 20% de la fitomasa disponible, prácticamente no produjo cambios en la calidad nutritiva de la dieta seleccionada.

El hecho de que la ventaja en producción de leche (Cuadro 5) encontrada en la asociación estrella-*A. pintoi* en comparación con la gramínea sola (14.2% en 1990 y

13.7% en 1991-1992) sea de una magnitud comparable a la observada en la digestibilidad de la dieta (Cuadro 3), apoya la hipótesis de que en el trópico húmedo el consumo energético es el principal factor limitante para que las vacas lecheras expresen un mayor potencial productivo, cuando ingieren dietas basadas exclusivamente en el uso de forrajeras tropicales (Pezo et al., 1992).

Los altos niveles de urea detectados en la leche de las vacas que pastoreaban las pasturas asociadas (Cuadro 5) en alguna medida también sugieren que existió un desbalance energético en la dieta (Lascano et al., 1991), aunque pueden ser diferentes los mecanismos involucrados en ambas asociaciones. La liberación de amonio a nivel ruminal es más rápida y de mayor magnitud en *A. pintoi* que en *D. ovalifolium* (Hess et al., 1992; Lascano, 1994), pero también es más rápida la degradación de los otros componentes del forraje (González, 1992); sin embargo, pareciera que la disponibilidad de las estructuras carbonadas no fue suficiente para captar todo el amonio liberado de la dieta con *A. pintoi*, tal como sugiere la mayor concentración de urea en los sueros sanguíneo y de la leche que se detectó en las vacas que pastoreaban la asociación pasto estrella-*A. pintoi* (Cuadro 5). En contraste, en la asociación con *D. ovalifolium*

posiblemente ocurrió una menor liberación de amonio a nivel ruminal (Hess et al., 1992), pero también la disponibilidad de energía y de estructuras carbonadas para la síntesis de proteína fue menor (González, 1992). En consecuencia, se espera que la suplementación con pequeñas cantidades de una fuente de carbohidratos fácilmente fermentable, por ejemplo, melaza o banano verde de rechazo, resulte en mayores incrementos en producción de leche en las vacas que pastorean la asociación estrella-*A. pinto*.

Aún cuando el estudio no se diseñó para evaluar el efecto de la carga animal, el análisis de la información recolectada sugiere que la carga de 2.9 UA/ha está por encima del nivel óptimo o capacidad de soporte para las tres pasturas estudiadas, ya que la producción de leche por hectárea fue menor a la obtenida con la carga de 2.4 UA/ha (Cowan et al., 1993). Además, con la carga animal más alta se presentó una menor disponibilidad de fitomasa y un mayor deterioro de la pastura, que se manifestó en dominancia de los componentes menos deseables —material senescente y *D. ovalifolium*— mientras que *A. pinto* tendió a crecer en forma más postrada, siendo menos accesible para la cosecha por las vacas en pastoreo.

Los niveles de producción de leche por vaca en la asociación estrella-*A. pinto* son inferiores a los obtenidos con la utilización de cargas animales más bajas en otras asociaciones (Lascano et al., 1991), pero su potencial se manifestó en la producción de leche por hectárea, cuando la asociación se manejó con una carga de 2.4 UA/ha (27 kg/ha por día). Es evidente que se pueden obtener niveles de productividad de leche más altos en los sistemas de gramínea fertilizada (Duarte, 1991; Teitzel et al., 1991; Vicente-Chandler et al., 1974), pero con costos más altos y una mayor dependencia de la energía fósil.

Conclusiones

La introducción de *A. pinto* en franjas para la rehabilitación de pasturas degradadas de pasto estrella africana permite mejorar la disponibilidad de fitomasa total y comestible, así como el consumo y la calidad nutritiva de la dieta seleccionada. En vacas lecheras, mantenidas exclusivamente en pastoreo, lo anterior resultó en un incremento en la producción de leche de 13.7% a 14.3%, en comparación con la obtenida en las pasturas de gramínea sola, pero las diferencias podrían ser más marcadas en presencia de un suplemento energético que contribuya a hacer un uso más eficiente del excedente de nitrógeno que se libera a nivel ruminal en las vacas que pastorean la asociación pasto estrella-*A. pinto*. Por otra parte, el uso de *D. ovalifolium* es una alternativa menos atractiva para los mismos propósitos,

ya que esta leguminosa posee menor calidad nutritiva y es poco consumida por los animales, lo cual redundaría en niveles de producción de leche equivalentes a los obtenidos en las pasturas no rehabilitadas; además, con cargas animales altas esta especie puede tender a dominar la asociación.

En ambos tipos de pasturas, la utilización de una carga de 2.9 UA/ha está por encima de la capacidad de soporte de las mismas, lo cual debe resultar, no sólo en menores niveles de producción y productividad de leche, sino también en el deterioro de las pasturas rehabilitadas.

Agradecimientos

Los autores expresan su reconocimiento al Dr. Muhammad Ibrahim por su colaboración en el manejo de los datos sobre selectividad en pastoreo que forman parte del presente estudio, y al Sr. Luis Carlos Saborío por su valioso apoyo en las labores de campo.

Summary

The present study was carried out at CATIE's Animal Production Research Station in Turrialba, Costa Rica (9° 53' N; 83° 38' W; 639 m.a.s.l.; 22.3 °C; rainfall 2636 mm/year, but only 1 month with a negative hydric balance), in order to evaluate the effects of *Arachis pinto* CIAT 17434 and *Desmodium ovalifolium* CIAT 350 on pasture dynamics, selectivity, herbage quality and milk production, when those legumes were oversown in African stargrass (*Cynodon nlemfuensis*) degraded pastures. The pasture treatments (grass alone and the two grass/legume mixtures) were randomly distributed in two blocks, with two paddocks of each pasture per block. The pastures were rotationally grazed, with 3 or 5 days of occupation depending on paddock size (937 and 1406 m², respectively), but the whole grazing cycle lasted 26 days.

The experimental design used was a Change Over Latin Square with seven, two, and one replicates over time, when milk yield and composition, selectivity, and intake were measured. Each replicate (phase) involved three pairs of Criollo x Jersey crossbred milking cows (or oesophageal fistulated steers) and three periods of 16 days. In all periods, the cows were allowed to adjust to the new pastures for 6 days; this was followed by a 10-day measurement period, and the 26-days cycle was completed by grazing African-stargrass in monoculture. The stocking rates used were 2.9 AU/ha for the first three phases (January-September 1990), and 2.4 AU/ha for the last four phases (May-October 1991/ January-July 1992).

In all grazing cycles the changes in total, green and senescent forage biomass availability were monitored, as well as their nutritive value (CP content and IVDMD) before and after grazing, botanical composition of the pastures before grazing, and milk yield and composition. Diet composition and quality were determined during the minimum and maximum rainfall periods (February and June) of 1992, and pasture intake was measured only in June 1992. On the other hand, the blood urea concentration was determined during the first three phases of this study, whereas the concentration of urea in milk was determined only in the last two phases.

The results obtained in this study showed not only the comparative advantages of *Arachis pintoi* over *Desmodium ovalifolium* in terms of nutritive value and palatability, but also its beneficial effects on the availability and quality of the forage on offer. The voluntary intake, CP content, and IVDMD of the diet selected by cows grazing the African stargrass/*A. pintoi* mixture were 28.1, 33.6, and 13.0% higher than those obtained for the African stargrass pastures, but only a 14.2% (1.3 kg/day) increase in milk yield, suggesting that energy supply is the limiting factor for a greater response to *A. pintoi*. In contrast, *D. ovalifolium* did not affect the above mentioned parameters, although its contribution to the total biomass was equivalent to that estimated for *A. pintoi*.

Arachis pintoi CIAT 17434 appears as a good alternative to reclaim African stargrass degraded pastures, and to improve milk production in the humid tropics. However, to prevent degradation of the newly formed grass/legume mixture, the stocking rate to be applied must be carefully defined. In this experiment, the highest milk yield (25.9 kg of milk/ha per day) was obtained when African stargrass/*A. pintoi* mixtures were grazed with 2.4 AU/ha, whereas lower milk production and deterioration of the pasture occurred with a stocking rate of 2.9 AU/ha.

Referencias

- Argel, P. J. 1994. Regional experience with forage *Arachis* en Central America and Mexico. En: Hardy, B. y Kerridge, P. C. (eds.). Biology and agronomy of forage *Arachis*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 134-143.
- Bateman, J. V. 1970. Nutrición animal: Manual de métodos analíticos. Herrero, México, D.F. 468 p.
- Blanco, F. 1991. La persistencia y el deterioro de los pastizales. Pastos y Forrajes (Cuba) 13:87-105.
- Cowan, R. T.; Moss, R. J.; y Kerr, D. V. 1993. Northern dairy feedbase 2001. 2: Summer feeding system. Trop. Grassl. 27:150-161.
- Duarte, O. A. 1991. Evaluación dinámica y simulación del Módulo Lechero del CATIE. Tesis Mag. Sc. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica. 174 p.
- González, M. S. 1992. Selectividad y productividad de leche en pasturas de estrella (*Cynodon nlemfuensis*) solo y asociado con las leguminosas forrajeras *Arachis pintoi* CIAT 17434 y *Desmodium ovalifolium* CIAT 350. Tesis Mag. Sc. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica. 142 p.
- González, R. 1991. Evaluación bio-económica del Módulo Lechero del CATIE al cabo de 12 años de operación. Tesis Ing. Agr. Universidad de Costa Rica (UCR), Sede Regional del Atlántico, Turrialba, Costa Rica. 79 p.
- Gordon, I. J. y Lascano, C. E. 1993. Foraging strategies of ruminant livestock on intensively managed grasslands: Potential and constraints. En: Proceedings of the XVII International Grassland Congress, Palmerston North, New Zealand/Rockhampton, Australia, February 1993. New Zealand Grassland Association y Tropical Grassland Society of Australia. Palmerston North, Nueva Zelanda. p. 681-690.
- GREDPAC (Grupo Regional de Desarrollo de Pastos y Forrajes de Centroamérica, México y el Caribe). 1990. Memoria. Cuarta Reunión de Consulta, Ciego de Avila, Cuba, octubre 1990. La Habana, Cuba. 172 p.
- Haydock, K. P. y Shaw, N. H. 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 15:663-670.
- Heady, H. F. y Torell, D. T. 1959. Forage preference exhibited by sheep with oesophageal fistulas. J. Range Manage. 12:28-34.
- Hess, D.; Lascano, C. E.; y Plazas, C. 1992. Niveles de amonio ruminal en novillos que pastorean gramíneas solas o asociadas con leguminosas de calidad nutritiva contrastante. Pasturas Trop. 14:9-13.
- Hurtado, J. A.; Pezo, D.; Chaves, C.; y Romero, F. 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. En: Pizarro E. A. (ed.). Memorias de la Primera Reunión de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales, Centroamérica y el Caribe (RIEPT/CAC). Noviembre 1988. Veracruz, México. p. 341-347.
- Ibrahim, M. 1994. Compatibility, persistence and productivity of grass-legume mixtures for sustainable animal production in the Atlantic Zone of Costa Rica. Tesis Ph.D. Wageningen Agricultural University, Países Bajos. 129 p.

- Lascano, C. E. 1990. Metodología para medir consumo bajo pastoreo. En: Ruiz, M. E. y Ruiz, A. (eds.). Nutrición de rumiantes: Guía metodológica de investigación. Instituto Interamericano de Cooperación Agrícola, Red de Investigación en Sistemas de Producción Animal (IICA/RISPAL), San José, Costa Rica. p. 149-157.
- _____. 1994. Nutritive value and animal production of forage *Arachis*. En: Kerridge, P. C. y Hardy, B. (eds.). Biology and agronomy of forage *Arachis*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 109-121.
- _____.; Avila, P.; Quintero, C. I.; y Toledo, J. M. 1991. Atributos de una pastura de *Brachiaria dictyoneura-Desmodium ovalifolium* y su relación con la producción animal. Pasturas Trop. 13:10-20.
- Lucas, H. L. Jr. 1983. Design and analysis of feeding experiments with milking dairy cattle. 2a. ed. Series no. 18. North Carolina State University, Institute of Statistics, Raleigh, NC, E.U. (Mimeografiado.)
- Martínez, A. 1992. Disponibilidad, composición botánica, selectividad y calidad nutritiva en seis asociaciones gramínea-leguminosa manejadas bajo dos cargas animales en el trópico húmedo de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica. 146 p.
- Minson, D. J.; Cowan, T.; y Havilah, E. 1993. Northern dairy feedbase 2001. 1. Summer pasture and crops. Trop. Grassl. 27:131-149.
- Myers, R. J. y Robbins, G. B. 1991. Sustaining productive pastures in the tropics; 5: Maintaining productive sown grass pastures. Trop. Grassl. 25:104-110.
- Pezo, D. A.; Romero, F.; e Ibrahim, M. 1992. Producción, manejo y utilización de los pastos tropicales para la producción de leche y carne. En: Fernández-Baca, S. (ed.). Avances en la producción de leche y carne en el trópico americano. Oficina Regional para América Latina y el Caribe. FAO. Santiago, Chile. p. 47-98.
- Pizarro, E. A. y Rincón, A. 1995. Regional experience with forage *Arachis* in South America. En: Kerridge, P. C. y Hardy, B. (eds.). Biology and agronomy of forage *Arachis*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 144-157.
- Rao, I. M.; Ayarza, M. A.; Thomas, R. J.; Fisher, M. J.; Sanz, J. I.; Spain, J. M.; y Lascano, C. E. 1992. Soil-plant factors and processes affecting productivity in ley farming. En: Pastures for the tropical lowlands: CIAT's contribution. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 145-175.
- Roig, C. A. 1989. Evaluación preliminar de 200 accesiones de leguminosas forrajeras tropicales en el ecosistema de bosque tropical lluvioso en Costa Rica (Guápiles). Tesis Mag. Sc. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica. 179 p.
- SIGMA. 1985. Urea nitrogen: Quantitative urease/Berthelot determination in serum, plasma or urine at 500/650 nm. Procedure no. 640. SIGMA Chemical, St. Louis, MO, E.U. 10 p.
- Spain, J. M. y Gualdrón, R. 1991. Degradación y rehabilitación de pasturas. En: Lascano, C. E. y Spain, J. M. (eds.). Establecimiento y renovación de pasturas: Conceptos, experiencias y enfoque de la investigación. Memorias de la Sexta Reunión Comité Asesor de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT), Veracruz, México, noviembre 1988. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 269-283.
- _____. y Pereira, J. M. 1985. Sistemas de manejo flexible para evaluar germoplasma bajo pastoreo: Una propuesta. En: Lascano, C. y Pizarro, E. A. (eds.). Evaluación de pasturas con animales: Alternativas metodológicas. Memorias Reunión de Trabajo de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT), Lima, Perú. Octubre 1984. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 85-97.
- † Mannelje, L. y Haydock, K. P. 1963. The dry-weight rank method for the botanical analysis of pastures. J. Brit. Grassl. Soc. 18:268-275.
- Teitzel, J. K.; Gilbert, M. A.; y Cowan, R. T. 1991. Sustaining productive pastures in the tropics. 6. Nitrogen fertilized grass pastures. Trop. Grassl. 25:111-118.
- Vicente-Chandler, J.; Abruña, F.; Caro-Costas, R.; Figarella, J.; Silva, S.; y Pearson, R. W. 1974. Intensive grassland management in the humid tropics of Puerto Rico. University of Puerto Rico, Agric. Exp. Sta. Bull. no. 233. 164 p.