

PARÁMETROS RUMINALES Y DEGRADABILIDAD DE FORRAJES EN TORETES CONSUMIENDO ENSILAJE DE FRUTO DE PEJIBAYE^{1/*}

Susan Hio**
Augusto Rojas-Bourrillón^{2/**}

ABSTRACT

Rumen parameters and grass degradability in steers fed pejibaye fruit (*Bactris gasipaes*) silage. Rumen parameters and degradation of Star Grass and *Brachiaria brizantha* grass were studied on fistuled steers fed 0, 1.5, 3.0 and 4.5 kg/d of silage made of pejibaye palm fruit, using a latin square design. With salt and minerals the animals grazed 27 d Star Grass and were supplemented. The intake over 3.5 kg reduced the dry matter and neutral detergent fiber degradability of the grasses, with the highest average reduction of 11.08 and 12.16 units, respectively, when the animals were fed 4.5 kg/d. This reduction was not different between grasses. Rumen pH and solid passage were not affected by silage supplementation, but rumen ammonia nitrogen contents were markedly reduced to values of 2.3 mg/100 ml at 4.5 kg of silage/d. It is concluded that proper protein supplementation is required to optimize grass utilization on feeding systems using pejibaye palm fruit silage as supplement to grazing animals.

INTRODUCCIÓN

La producción ganadera en condiciones tropicales está condicionada por diferentes factores de los cuales la alimentación es de suma importancia. De acuerdo a Sánchez y Soto (1993) los forrajes tropicales son limitantes en energía, lo cual ha conducido a la investigación de alternativas para solucionar dicho déficit. A este respecto se ha venido enfatizando la investigación en el uso del fruto de pejibaye (*Bactris gasipaes*) debido a su alto contenido energético basado en su contenido de almidón y lípidos.

Rojas-Bourrillón *et al.* (1990) sugieren que este fruto puede preservarse mediante la técnica del ensilaje y consecuentemente podría permitir el mantener un suministro alimenticio constante a través del año, lo que favorecería una producción pecuaria más sostenida. Experiencias con rumiantes fistulados indican que este es un material altamente fermentable a nivel ruminal (Rojas-Bourrillón *et al.*, 1991b) lo cual permite aportar cantidades importantes de energía para el proceso fermentativo que se realiza a nivel ruminal y podría complementar el déficit energético que presentan los pastos tropicales.

Trabajos de laboratorio demuestran que la adición de pejibaye a materiales forrajeros como pastos y leguminosas arbóreas promueve una mejoría en el contenido de nutrimentos, favorece el proceso fermentativo durante el ensilaje y mejora la digestibilidad de los ensilajes (Rojas-Bourrillón *et al.*, 1991a; 1994).

A pesar de este potencial la información involucrando animales donde se estime su palatabilidad,

1/ Recibido para publicación el 5 de marzo de 1996.

2/ Autor para correspondencia.

* Proyecto financiado por la Vicerrectoría de Investigación #737-93-293.

** Estación Experimental de Ganado Lechero y Escuela de Zootecnia. Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

utilización e interacción con otros ingredientes de la dieta no es disponible. Por lo tanto la presente investigación tiene como objetivos evaluar la fermentación ruminal y el aprovechamiento de pastos en novillos consumiendo cantidades crecientes del ensilaje de pejibaye.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y material utilizado

La presente investigación se realizó en las instalaciones de la Estación Experimental de Ganado Lechero de la Universidad de Costa Rica a una altitud de 1385 msnm con una precipitación y temperatura mensual promedio de 2037 mm y 19,5°C respectivamente.

Se utilizó pulpa de pejibaye obtenida como subproducto de la extracción de semilla de frutos en estado de madurez comercial y se ensiló utilizando la técnica de silo de montón.

El material se conservó durante 14 meses previo a su utilización. El contenido de materia seca, proteína cruda y extracto etéreo fue determinado de acuerdo a AOAC (1980) y los contenidos de fibra neutro detergente y fibra ácido detergente según Van Soest y Robertson (1985). La composición de ácidos grasos del ensilaje se cuantificó por cromatografía. El valor de pH fue medido en extractos de ensilaje fresco mediante potenciómetro y la densidad fue calculada en muestreos de 0,5 m³. El contenido nutricional y caracterización del ensilaje utilizado se aprecia en los Cuadros 1 y 2.

Cuadro 1. Composición nutricional (%) y densidad del ensilaje de pulpa de pejibaye.

Componente	Porcentaje (%)
pH	3,7
Materia seca	48,79
Proteína cruda*	3,54
Extracto etéreo*	16,22
FND*	17,37
FAD*	5,33
Densidad (kg/m ³)	1273,5

* En base seca.

Tratamientos

Se utilizaron 4 tratamientos correspondientes al suministro de 4 niveles de ensilaje 0, 1,5,

3,0 y 4,5 kg de material fresco por día. El ensilaje se suministró en 2 porciones (6 am y 12 md) y el período experimental consistió de una fase de adaptación de 7 días y una fase de muestreo de 3 días para un total de 40 días experimentales.

Cuadro 2. Contenido de ácidos grasos del ensilaje de pulpa de pejibaye expresado como porcentaje del total de lípidos.

Ácido graso	Porcentaje (%)
Palmitico	38,01
Esteárico	1,74
Saturados totales	39,73
Palmitoleico	6,89
Oleico	42,80
Linoleico	9,45
Linolénico	1,50
Insaturados totales	60,65
Totales de lípidos	16,22

Animales utilizados

Los tratamientos fueron aplicados a 4 novillos provistos de cánula ruminal. Los animales tenían una edad y un peso promedio de 2 años y 350 kg respectivamente y pastoreaban en aptos de Estrella Africana (*Cynodon nlemfluentis*) de 27 días de rebrote, además fueron suplementados únicamente con sal mineral y agua a libre voluntad.

Mediciones de parámetros ruminales

El valor de pH, y la concentración de amoníaco fue cuantificada en muestras extraídas del rumen a las 0, 2, 4, 8, 10, 12, 16, 21 h después del suministro del ensilaje en la mañana. Adicionalmente, 100 g de fibra ruminal impregnada con cromio (Kass y Rodríguez, 1989) fue introducida al rumen a través de la cánula y se procedió a obtener muestras del contenido ruminal a las 0, 1, 2, 4, 6, 8, 12, 24, 36, 48, 60, 72 h para la estimación de la tasa de pasaje de los contenidos sólidos del rumen. La concentración de cromio fue cuantificada por espectrofotometría de absorción atómica (Williams *et al.*, 1962)

Aprovechamiento de forrajes

Mediante la técnica de la bolsa de nylon (Orskov *et al.*, 1980) se estimó la degradación de la materia seca y fibra o pared celular del forraje

Estrella Africana (*Cynodon nlemfluensis*) y Brizantha (*Brachiaria brizantha*) de 21 y 32 días de edad, respectivamente. La composición nutricional de los forrajes utilizados se observa en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Composición nutricional de los forrajes incubados.

Nutrimento (%)	Forraje	
	Estrella Africana	Brachiaria brizantha
Materia seca	23,14	26,23
Proteína cruda*	7,30	7,25
Fibra neutro detergente*	77,98	77,20
Fibra ácido detergente*	44,18	41,29
Hemicelulosa*	33,80	35,91
Celulosa*	35,11	32,03
Lignina*	6,05	3,21

* En base seca.

Análisis de la información

El aprovechamiento de la materia seca y pared celular de los pastos fue estimada mediante la ecuación propuesta por Orskov *et al.* (1980):

$$D = a + b(1 - e)^{-ct}$$

donde:

D = degradabilidad potencial a tiempo t

a = fracción soluble del material

b = degradabilidad potencial del componente insoluble en el tiempo

c = constante de la tasa de degradación de "b"

t = tiempo de incubación

La tasa de pasaje fue calculada como:

$$k = \frac{0,692}{T/2}$$

donde:

k = tasa de pasaje (%/h)

T/2 = tiempo medio definido como el período requerido para que el logaritmo natural de un valor de concentración de cromo se reduzca a la mitad.

La información fue analizada estadísticamente de acuerdo a un diseño de cuadrado latino 4x4 y los valores de pH, amoníaco y tasa de pasaje fueron sometidos a análisis de varianza considerando como fuentes el efecto animal el tiem-

po de muestreo y de período. La significancia entre medias fue detectada mediante la prueba de Duncan.

RESULTADOS

Efecto del ensilaje sobre parámetros ruminales

El efecto de la adición de pulpa ensilada sobre el comportamiento del pH, amoníaco y tasas de pasaje de sólidos se aprecia en el Cuadro 4. Con excepción del nivel de 3 kg de ensilaje no se detectaron diferencias significativas en el valor de pH entre los demás niveles, cuantificándose un valor promedio de 6,63. La concentración de amoníaco se redujo paulatinamente conforme se adicionó el ensilaje a la dieta presentándose drásticas reducciones en los niveles superiores. Al analizar la tasa de pasaje de sólidos no se detectaron diferencias significativas entre tratamientos con un valor promedio de 9,73%/h.

Cuadro 4. Efecto del pejibaye ensilado sobre parámetros ruminales.

Nivel de pejibaye (kg/animal/día)	Parámetro ruminal		
	Amoníaco (mg/100 ml)	pH (sólida)	Tasa de pasaje (%/h)
0	7,66a ± 3,05*	6,69a ± 0,14	7,95a ± 0,49
1,5	4,53c ± 1,66	6,71a ± 0,12	11,90a ± 0,85
3,0	5,60b ± 3,04	6,45b ± 0,14	10,00a ± 0,00
4,5	2,30d ± 1,04	6,68a ± 0,20	9,10a ± 1,84

* Medias y desviación estándar. Medias en cada columna con diferente letra difieren estadísticamente.

Efecto de los ensilajes sobre la degradabilidad de forrajes

Las Figuras 1 y 2 describen el efecto del ensilaje de pulpa de pejibaye sobre la degradabilidad de la materia seca y pared celular de los forrajes Estrella Africana y *Brachiaria brizantha* respectivamente (Cuadro 5).

El consumo del ensilaje reduce el aprovechamiento tanto de la materia seca como de la pared cuando se exceden los 1,5 kg/día obteniéndose las máximas disminuciones de 10,58 y 11,59 y de 11,95 y 12,38 unidades porcentuales en la degradación de la materia seca y pared celular, respectivamente cuando los animales consumieron los 4,5 kg de ensilaje/día.

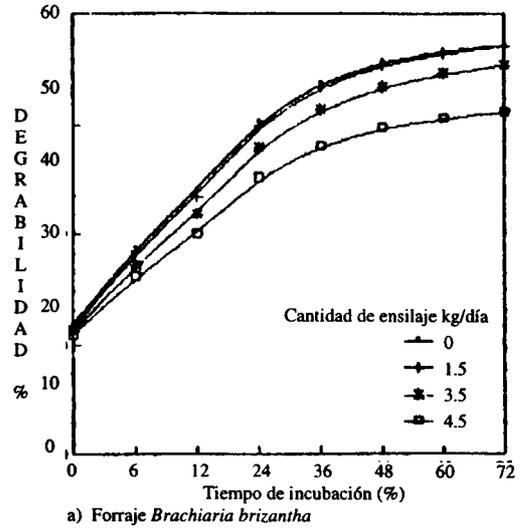
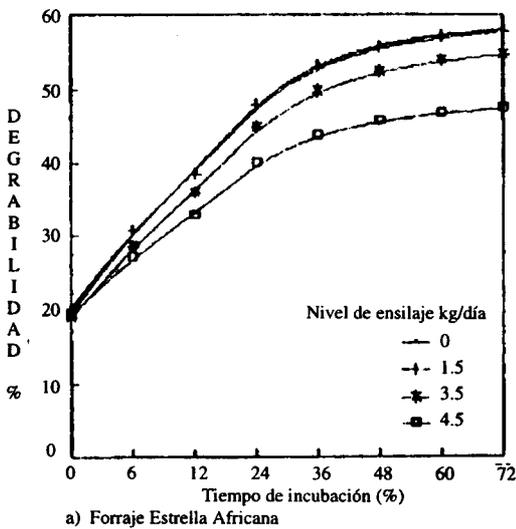


Fig. 1. Efecto del ensilaje de pejibaye sobre la degradación de la materia seca del forraje.

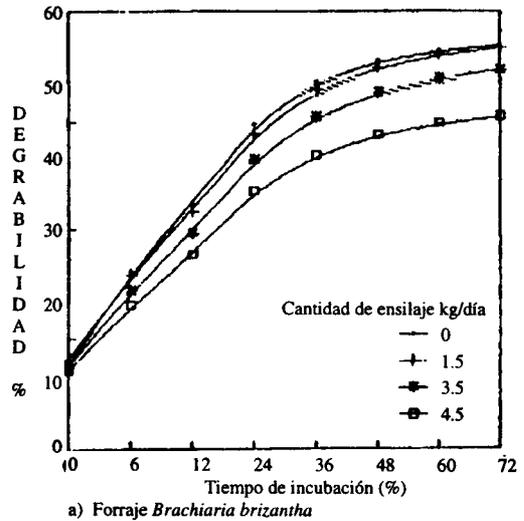
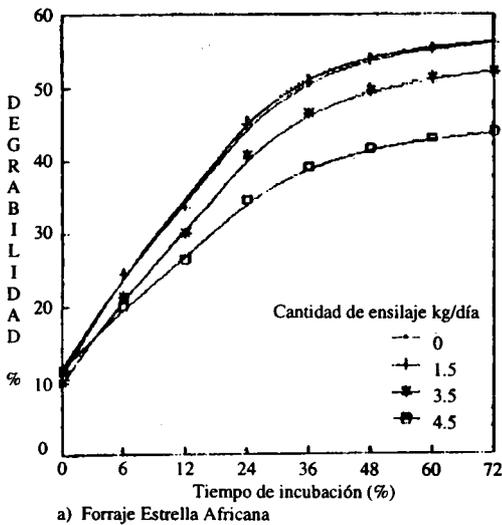


Fig. 2. Efecto del ensilaje de pejibaye sobre la degradación de la pared celular del forraje.

Con excepción de la tasa de degradación de la fibra del pasto Brizantha, no se detectaron diferencias significativas en este parámetro al aumentar los consumos del ensilaje. Los valores promedio de tasa de degradación de la materia seca fueron de 5,33%/h y 4,88%/h para los pastos Estrella y Brizantha, respectivamente.

DISCUSIÓN

Experiencias previas con fruto de pejibaye en microsilos de laboratorio (Rojas-Bourrillón *et al.*, 1990) habían permitido sugerir que el proceso de ensilaje podría ser una alternativa confiable para la conservación de este fruto, lo cual fue validado en la

Cuadro 5. Efecto del consumo de ensilaje de pulpa de pejibaye sobre el aprovechamiento de materia seca y pared celular de dos forrajes.

Nivel de pejibaye (kg/animal/día)	Pasto							
	Estrella africana				Brachiaria brizantha			
	Materia seca		Fibra		Materia seca		Fibra	
	Deg. (%)	Tasa (%/h)	Deg. (%)	Tasa (%/h)	Deg. (%)	Tasa (%/h) (%)	Deg. (%/h)	Tasa
0	58,85a	5,55a	56,97a	5,95a	75,56a	5,23a	74,77a	5,66a
1,5	58,60a	5,36a	56,96a	5,57a	75,49a	5,03a	74,88a	5,14a
3,0	55,26b	5,27a	53,20a	5,19a	72,60b	4,74a	71,19a	4,69b
4,5	48,27c	5,16a	45,02b	4,89a	63,97c	4,55a	62,32b	4,80b

Deg = degradabilidad potencial.

Tasa = tasa de degradación.

Medias en cada columna con diferente letra difieren estadísticamente.

presente investigación al obtener un material en buen estado después de 14 meses de almacenamiento en campo mediante la técnica de silo de montón.

Análisis de composición indican que los valores de materia seca son mayores a los informados para otras clases de ensilajes como el maíz, sorgo negro (entre 18% y 25%) y otras fuentes energéticas como el banano (29%).

Se cuantificó un bajo nivel de proteína similar al contenido presente en el ensilaje de banano pero inferior a los otros ensilajes mencionados. El contenido de lípidos es alto y superior al valor informado para forrajes (entre 3% y 4%) con una relación de ácidos grasos insaturados y saturados de 60:40, similar a otras fuentes como el aceite de la palma africana. En relación al contenido de ácidos grasos se denota que el ácido palmítico (C16:0) y el oleico (C18:0) constituyen un 80% del contenido, los cuales, según Jenkins y Palmquist (1982), forman a nivel ruminal con mayor facilidad jabones insolubles con cationes.

El valor de densidad (kg/cm³) es el doble de otras fuentes ampliamente utilizadas como ensilajes. La ventaja asociada a esta característica sería un menor gasto en infraestructura e insumos (plástico) para la elaboración del silo. La inclusión de materiales energéticos como el pejibaye pueden alterar negativamente la actividad ruminal debido principalmente a un alto contenido de (CRF) carbohidratos rápidamente fermentables (almidón) y/o al alto contenido de lípidos insaturados. Un efecto manifiesto del consumo de CRF es la disminución en pH de los contenidos que a su vez reducen los microorganismos celulolíticos limitando así la digestión de la fibra (Hoover, 1986). En la presente investigación los valores de pH ruminal

son superiores (6,6) a los valores de 6,2 informados por Mould y Orskov (1983) para una inhibición parcial de la celulólisis e indican los autores valores menores de 6 para la completa inhibición. Probablemente en la presente investigación el pH se mantiene superior a 6,2 debido a que la cantidad de almidón es poca y al considerarse una pobre actividad fermentativa en el rumen causada por un déficit de sustrato nitrogenado valorado en los niveles de N amoniacal cuantificados.

Así, los máximos consumos de ensilaje corresponde a una ingesta diaria de 1,35 kg de 3,5 kg/día de almidón, cantidad bastante inferior al valor máximo estimado por Sniffen (1988). Este concepto es reforzado al considerar que la cantidad de almidón consumida a partir del ensilaje de Pejibaye representa aproximadamente la mitad (13%) de la concentración de 30% en la cual se altera negativamente el aprovechamiento de los forrajes (Escobar, 1991).

Es aparente también que la ingesta de lípidos proveniente del consumo del ensilaje de pejibaye no es factor determinante en la disminución del aprovechamiento de los pastos.

Cantidades superiores a 5% en la dieta han sido asociados con inhibición en el crecimiento y actividad de microorganismos degradadores de fibra comprometiendo el consumo por efecto de llenado (Palmquist y Jenkins, 1980). En la presente investigación se estima un consumo de lípidos del 4% del cual 0,36 kg/día provienen de la dieta más alta en pejibaye y se aportan 0,22 kg/día de ácidos grasos insaturados cantidad que no llega a un valor que perjudique la digestibilidad de la fibra debido a la capacidad de saturación de ácidos grasos insaturados mediante el proceso de biohidrogenación

que ocurre en el rumen (Jenkins, 1993) y a la facilidad de reacción de los ácidos de cadena larga (palmítico y oleico) con cationes formando compuestos insolubles en rumen (Jenkins y Palmquist, 1982). Estos compuestos son bastante inertes en rumen al considerarse que el pH ruminal se mantiene superior a la constante de disociación de 4 a 5 (Palmquist, 1984).

Consecuentemente, existe un factor más importante que los dos anteriores causante de la disminución de la degradabilidad de los pastos al ingerir los animales el ensilaje de pejibaye. De acuerdo a Hendrichx (1976) los niveles óptimos para una adecuada síntesis microbiana son entre 8-10 mg de amoníaco/100 ml de licor ruminal, cantidad que se obtiene cuando los toretes en este experimento no consumen el ensilaje y una seria disminución en la concentración de N amoniacal se cuantifica conforme aumenta éste. Considerando que el amoníaco es la principal fuente de N para los microorganismos únicamente (Leng, 1990), esta disminución de N amoniacal esta comprometiendo la actividad ruminal, principalmente sobre la degradación de la pared celular ya que la presencia de CRF estimula la proliferación de organismos degradadores de CRF aumentando la utilización de amoníaco por parte de estos organismos, lo que reduce la disponibilidad de este nutriente para las bacterias celulolíticas o degradadoras de la pared celular (Dixón, 1986). Hoover (1986) sugiere un valor de 21,4 mg/100 ml cuando la dieta es alta en CRF y la cantidad de proteína es baja (< 6%).

Es aparente que la suplementación del ensilaje de pulpa de pejibaye no satisface los requerimientos de N microbiana debido a que su uso disminuye la ingestión de proteína al sustituir el consumo de pasto, el cual contiene niveles superiores de proteína en comparación con el ensilaje (7,30% contra 3,54%).

La información de la presente investigación indica que al emplear ensilaje de pulpa de pejibaye con animales en pastoreo se obtienen disminuciones en la degradabilidad de la materia seca y pared celular de forrajes sin variaciones en el pH ruminal, pero asociadas a un bajo contenido de amoníaco ruminal, considerándose este nutriente como el factor limitante para un sistema basado en este ingrediente.

Estos resultados implican que la optimización del aprovechamiento de forrajes bajo un sistema productivo utilizando ensilajes de pejibaye requiere de una suplementación proteica para mantener en forma adecuada la actividad ruminal. Dicha suplementación podría realizarse mediante

el empleo de urea o utilizando materiales altos en proteína como el maní forrajero, madero negro, poró y morera.

RESUMEN

Se evaluó el efecto del consumo de ensilaje de pulpa de pejibaye (*Bactris gasipaes*) en niveles de 0; 1,5; 3,0 y 4,5 kg/día sobre parámetros ruminales y la degradabilidad de la materia seca y pared celular de los forrajes Estrella Africana (*Cynodon nlemfluensis*) y *Brachiaria brizantha*, utilizando un diseño de cuadrado latino y novillos Jersey de 2 años de edad con cánula ruminal. Los animales pastoreaban forraje Estrella Africana y recibieron sales minerales. El consumo de ensilaje a partir de 3 kg/día disminuyó la degradabilidad de la materia seca y pared celular de los forrajes, obteniéndose reducciones promedio de 11,08 y 12,16 unidades porcentuales con el consumo diario de 4,5 kg del ensilaje. El suministro del ensilaje de pulpa de pejibaye no alteró significativamente los valores de pH ruminal ni la tasa de pasaje de sólidos del rumen; sin embargo, redujo en forma significativa los contenidos de amoníaco a nivel ruminal hasta valores de 2,3 mg/100 ml en el nivel de 4,5 kg. Esta reducción de amoníaco es la causante de la disminución en la degradabilidad de la materia seca y pared celular de los forrajes cuando se utiliza el ensilaje de pejibaye como suplemento a animales en pastoreo.

Se considera necesario una apropiada suplementación proteica para optimizar el aprovechamiento de forrajes en un sistema que utilice este tipo de ensilajes de pejibaye.

LITERATURA CITADA

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). 1980. Official methods of Analysis. 13th. ed. Washington D.C.
- DIXON, R.M. 1986. Increasing digestible energy intake by ruminants given diets using concentrate supplements. In Dixon R.M. ed. Ruminant Feeding Systems Utilizing Fibrous Agricultural Residues. International Development Program of Australian Universities and College Limited. Canberra. Australia. p. 59.
- ESCOBAR, A. 1991. Avances en la nutrición de los rumiantes. II Seminario-Taller Internacional CIPAV sobre sistemas agropecuarios sostenibles y desarrollo rural para el trópico. Cali, Colombia. 123. p.

- JENKINS, T.C. 1993. Lipid metabolism in the rumen. *J. Dairy Sci.* 76:3851.
- JENKINS, T.C.; PALMQUIST, D.L. 1982. Effect of added fat and calcium on in vitro formation of insoluble fatty acid soap and cell wall digestibility. *J. Animal Sci.* 55:957.
- HENDRICHX, H.K. 1976. Quantitative aspects of the use of nonprotein nitrogen in ruminant feeding. *Cuban. J. Agric Sci.* 10:1.
- HOOVER, W.H. 1986. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. *J. Dairy Sci.* 69:2755.
- KASS, M.; RODRIGUEZ, G. 1989. Evaluación nutricional de forrajes. Turrialba, Costa Rica, *Catie.* 43 p.
- LENG, R.A. 1990. Factors affecting the utilization of poor quality forages by ruminants, particularly under tropical conditions. *Nutr. Res. Rev.* 3:277.
- MOULD, F.L.; ORSKOV E.R. 1983. Manipulation of rumen fluid pH and its influence on cellulolysis in sacco, dry matter degradation and the rumen microflora of sheep offered either hay or concentrate. *Anim. Sci. Feed Technol.* 10:1.
- ORSKOV, E.R.; HOWELL FD., MOULD F. 1980. The use of the nylon bag technique for the evaluation of feeds-tuffs. *Tropical Animal Production* 5(2):195.
- PALMQUIST, D.L. 1984. Calcium soaps of fatty acids with varying insaturation as fat supplements for lactating cows. *Can. J. Animal Sci.* 64(Suppl.):240.
- PALMQUIST, D.L.; JENKINS, T.C. 1980. Fat in lactation ration: review. *J. Dairy Sci.* 63:1.
- ROJAS-BOURRILLON, A.; CHAVEZ, A.; ARROYO, C. 1990. Características nutricionales y fermentativas del ensilaje de fruto de pejibaye (*Bactris gasipaes*). *Agromía Costarricense* 14(2):157.
- ROJAS-BOURRILLON, A.; CHAVEZ A.; AGUIRRE D. 1991a. Características nutricionales y fermentativas del ensilaje de mezclas de forraje King Grass (*Pennisetum purpureum*) y pulpa de fruto integral de pejibaye (*Bactris gasipaes*). En Mora Urpi et al., eds. IV Congreso Internacional sobre Biología, Agronomía e Industrialización del Pijuayo. Iquitos, Perú. p. 469.
- ROJAS-BOURRILLON, A.; ROJAS, Q.; BOSCHINI, C. 1991b. Efecto del procesamiento sobre la degradabilidad de la materia seca del fruto integral de pejibaye (*Bactris gasipaes* HBK). En Mora Urpi J. et al., eds. IV Congreso Internacional sobre Biología, Agronomía e Industrialización del Pijuayo. Iquitos, Perú. p. 481.
- ROJAS-BOURRILLON A.; VALENZUELA G. ARROYO, R.A.; AGUIRRE D.; CAMACHO M.I. 1994. Composición nutricional y digestibilidad in vitro del ensilado de mezclas de Poró (*Erythrina berteriana* Urb) y Pejibaye (*Bactris gasipaes* HBK). En Benavides J.E. ed. Arboles y Arbustos Forrajeros en América Central. *CATIE.* p. 189.
- SANCHEZ, J.M., SOTO, H. 1993. Estimated values of net energy for lactation of tropical pastures. *J. Dairy Sci.* 76 (Suppl 1):218 Abstr.
- SNIFFEN, C.J. 1988. Balancing rations for carbohydrates for dairy cattle. *The Application of Nutrition Dairy Cattle.* American Cyanamid Company. Wayne, New Jersey. p. 25.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B. 1985. Analysis of forages and fibrous food. *A Laboratory Manual for Animal Science.* Cornell University. Cap 7 and 6. 613 p.
- WILLIAMS, CH.; DAVID P.J.; ISMAEL C.H. 1962. The determination of chromic oxide in feces samples by atomic absorption spectrophotometry. *J. Agric Sci* 59:381.