

**CARACTERIZACION NUTRICIONAL Y DIGESTIBILIDAD
in vitro DEL ENSILAJE DE MEZCLAS DE FRUTO DE PEJIBAYE
(*Bactris gasipaes*) y MORERA (*Morus alba*)*¹**

Augusto Rojas-Bourrillón ²/_{*}
Aracelly Gómez*
Diego Aguirre**

ABSTRACT

Nutritional content and *in vitro* digestibility of silages made with mixtures of pejibaye (*Bactris gasipaes*) and mulberry (*Morus alba*). Mixtures of pejibaye palm fruit and mulberry leaves and stems, in ratios of 20:80, 40:60, 60:40 and 80:20 (wet basis), were ensiled in plastic bags for 60 days. The fruits were added as pulp or whole (previously crushed) and the mulberry (harvested at 60 days of age) were chopped in pieces of 6 mm (fine) or 16 mm (coarse). The addition of pejibaye to the mixture increased dry matter, soluble carbohydrates, starch, ether extract contents and *in vitro* digestibility of the silages. On the other hand, it decreased the crude protein, cell wall content, and pH of the silages. It is concluded that silage made of 80% whole pejibaye and 20% finely chopped mulberry shows the best nutritive composition: dry matter 44,6%; crude protein 7,3%; cell wall 31,3%; solubles carbohydrates 3,6%; starch 41,0%; ether extract 14,9%; *in vitro* dry matter digestibility 85, 3%, and pH 4,82.

INTRODUCCION

La conservación de forrajes a través de ensilaje depende de la rápida acidificación del material, principalmente por la acción de bacterias productoras de ácido láctico o acético, lo cual reduce el pH a un ámbito entre 3,7 y 4,2 (Catchpole y Henzel, 1971; McDonald, 1981). Este proceso se ha visto limitado en forrajes altos en proteína por el efecto neutralizante de las proteínas, o por la

presencia de sustancias alcalinas sobre la acidez necesaria para estabilizar el proceso fermentativo (McDonald y Henderson, 1962), siendo de vital importancia la relación entre los carbohidratos solubles y las proteínas, debido a que altos contenidos de azúcares favorecen la producción de ácidos, mientras que altos niveles de proteína promueven pH altos causados por la producción de amoníaco (Van Soest, 1982).

Esta limitación de las plantas forrajeras altas en proteína puede ser contrarrestada mediante el uso de aditivos que promuevan condiciones para una adecuada fermentación. Respecto a esta condición, Vallejo (1995) demostró el efecto positivo de la adición de carbohidratos como la melaza (5% base fresca) sobre la producción de ácidos y la reducción del pH en ensilajes de morera (*Morus alba*), amapola (*Malvaviscus arboreus*) y tora

1/ Recibido para publicación el 7 de julio de 1995.

2/ Autor para correspondencia.

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

** Escuela de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica.

blanca (*Verbesina turbacensis*). En forrajes como el poró (*Erythrina berteroana*) la inclusión de pejibaye (*Bactris gasipaes*) mejoró la fermentación y valor nutritivo del ensilaje (Rojas *et al.*, 1994).

El objetivo del presente trabajo fue caracterizar el valor nutritivo del ensilaje de mezclas de pulpa o fruto de pejibaye (*Bactris gasipaes*) y morera (*Morus albus*).

MATERIALES Y METODOS

Tratamientos

Se mezcló forraje de morera (hojas y tallos) de 60 días de edad y se picó a 2 tamaños de partícula: 6 mm (fino) y 16 mm (grueso) con pulpa (cáscara y pulpa) o fruto completo (cáscara, pulpa y semilla) de pejibaye. Los materiales se mezclaron utilizando proporciones 20:80; 40:60; 60:40 y 80:20 en base fresca para un total de 16 tratamientos con 4 repeticiones. El pejibaye se trituró en un molino antes de preparar las mezclas.

Las mezclas (500 g) fueron almacenadas al vacío en bolsas de polietileno de 0,072 mm de grosor e inmediatamente se sellaron con bandas de hule y se colocaron en forma vertical.

Mediciones

Después de un período de fermentación de 60 días, se abrieron los microsilos eliminando los efluentes y las partes perdidas por pudrición. Se analizó el contenido de materia seca, el extracto etéreo y la proteína cruda en el material, antes y después del ensilado, según las normas de AOAC (1980). Además se analizó el contenido de almidón (Soughate, 1976), de carbohidratos solubles (Johnson, *et al.*, 1966; Dubois *et al.*, 1956), de fibra neutro detergente y la digestibilidad *in vitro* según Van Soest y Robertson (1985), asimismo se determinó el pH en el material ensilado (Rojas-Bourrillón, 1985). Las pérdidas durante el proceso de fermentación se expresaron porcentualmente como la diferencia entre el contenido de nutrientes en el material fresco y después de la fermentación.

Análisis estadístico

Para el análisis de los resultados se utilizó un arreglo factorial 4x2x2 en un diseño irrestricto al azar, donde los factores correspondieron a la

proporción pejibaye: morera, composición del pejibaye (pulpa y fruto completo) y al tamaño de partícula de la morera (6 y 16 mm). El factor proporción se descompuso en sus efectos lineal, cuadrático y cúbico. A las variables que resultaron significativas se les aplicó la prueba de rango múltiple de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSION

Materia seca

La incorporación de pejibaye en la mezcla incrementó ($P \leq 0,01$) el contenido de materia seca del ensilaje (Figura 1). El contenido no fue afectado por la forma en que éste se adicionó ni por el tamaño de partícula de la morera.

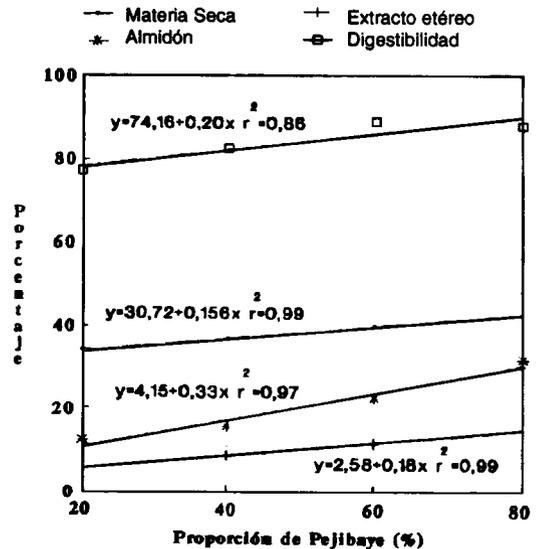


Fig. 1. Valor nutritivo y digestibilidad *in vitro* de ensilajes de pejibaye y morera.

Resultados similares se han obtenido al adicionar pejibaye a forrajes como king grass (*Pennisetum purpureum*) (Rojas *et al.*, 1993a) y a poró (*Erythrina berteroana*) (Rojas *et al.*, 1994). Esto se debe al mayor contenido de materia seca del pejibaye (50-55%) en comparación con el king grass (17,7%), el poró (27%) y la morera (25%), que fue utilizada en esta investigación. No se detectaron diferencias significativas en las pérdidas de materia seca ocurridas durante la fermentación, con un valor promedio de 7,9%, valor inferior al

informado por Wilkinson (1983) de 20% para ensilajes realizados a nivel de campo. Esta diferencia puede ser causada por el establecimiento de condiciones más controladas en los silos experimentales en comparación con la labor de campo.

Proteína cruda

El contenido de proteína cruda durante el ensilaje se redujo ($P \leq 0,01$) al incrementar la proporción de pejibaye en la mezcla (Figura 2) debido principalmente a un efecto de dilución al tener el pejibaye un contenido proteico menor que la morera. Esta reducción se ha determinado al mezclar este fruto con otros forrajes (Rojas *et al.*, 1993 y Rojas *et al.*, 1994). Las combinaciones de morera fina con pejibaye integral y de morera gruesa con pulpa de pejibaye presentaron los mayores contenidos proteicos.

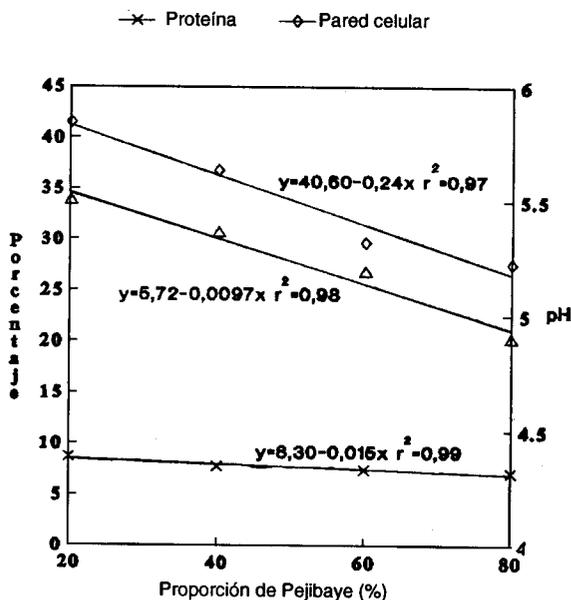


Fig. 2. Valor nutricional y acidez de ensilajes de pejibaye y morera.

Es importante hacer notar que los niveles de proteína de la morera son bajos (8,3%), en contraste con los niveles de 21,4% en las hojas de esta especie informados por Vargas (1984); esto se debe a una alta proporción de tallos presentes en el material utilizado en este experimento. Millford y Minson (1965) encontraron evidencias de que niveles inferiores a 7% de proteína cruda en los forrajes se asocian con consumos bajos, lo que indi-

ca que mezclas de 80% de pejibaye y 20% de morera podrían tener limitaciones, si no se suplementan con fuentes proteicas. Las proporciones bajas de pejibaye en la mezcla (20 y 40%) se asociaron con mayores pérdidas (3,5 y 4,1% respectivamente) aunque no se detectaron diferencias entre ellas. Estas pérdidas están relacionadas con valores altos de pH (Figura 2), lo que promueve la proliferación de bacterias proteolíticas, las cuales desdoblan las proteínas a aminas, amoníaco y otros compuestos, causando un olor desagradable, que se percibió en este experimento.

Carbohidratos solubles

El contenido de carbohidratos solubles en el material antes de ensilar varió entre 7,4% y 13,6% de la materia seca, cantidad que se considera adecuada para el proceso de ensilaje (Wilkinson, 1983). En las mezclas fermentadas se detectó un incremento conforme se incorporó el pejibaye en la mezcla ($P \leq 0,01$), lo cual está asociado al mayor contenido de carbohidratos solubles en este fruto con respecto al forraje. Se cuantificaron mayores contenidos en los ensilajes con morera fina y pejibaye completo (3,0%). Las pérdidas de carbohidratos variaron entre 67,0% y 87,2% y las mayores pérdidas se obtuvieron en las mezclas con menores contenidos de pulpa de pejibaye. No se detectó tendencias definidas en relación al tamaño de las fracciones de la morera.

Las pérdidas de carbohidratos solubles han sido asociadas al proceso fermentativo y los valores obtenidos en la presente investigación son similares a las cuantificadas por Vargas *et al.* (1981) y Johnson *et al.* (1966) para ensilajes de gramíneas y maíz, respectivamente.

Fibra neutro detergente

Se observó una disminución en el contenido de pared celular ($P \leq 0,01$) conforme aumentó la proporción de pejibaye en la mezcla (Figura 2), efecto causado por el menor contenido de pared celular del pejibaye. Los mayores contenidos de pared celular se obtuvieron al ensilar la morera picada finamente con el pejibaye integral (36,6% de promedio). Tendencia similar se obtiene al ensilar mezclas de pejibaye y de otras fuentes forrajeras (Rojas-Bourrillón *et al.*, 1993a; Rojas-Bourrillón *et al.*, 1994).

Van Soest (1965) informa que concentraciones de fibra neutro detergente superiores a 40%

reducen el consumo voluntario, lo que indica que las mezclas con una alta proporción de morera podrían tener limitaciones de consumo.

La reducción en la concentración de pared celular varió desde un 2,4% a 22,8%, aunque se cuantificaron incrementos en las mezclas que contienen pulpa de pejibaye y morera gruesa. La degradación de la pared celular durante el proceso fermentativo ha demostrado ser variable (Vargas *et al.*, 1981).

Almidón

Al aumentar la proporción de pejibaye en la mezcla, se incrementó ($P \leq 0,01$) el contenido de almidón en el ensilaje (Figura 1), los mayores contenidos se cuantificaron en las mezclas de morera fina y pulpa de pejibaye (34,7%). Contrario a lo encontrado por Farias y Gomide (1973) al incorporar yuca en el ensilado de pasto gigante (*Pennisetum clandestinum*) y por Johnson *et al.* (1966) con ensilaje de maíz, en este experimento se cuantificaron pérdidas de almidón entre 8,8% y 51,4%, comportamiento que puede ser asociado con una mayor susceptibilidad del pejibaye a la actividad microbiana (Rojas *et al.*, 1993b). Contenidos de almidón entre 25% y 45% en la dieta han sido recomendados como óptimos en rumiantes (Van Soest y Rymph, 1993), valores similares a los obtenidos al incorporar más de 60% de pejibaye en la mezcla a ensilar.

Extracto etéreo

La concentración de lípidos en el ensilaje aumenta ($P \leq 0,01$) al incorporar en forma progresiva el pejibaye en la mezcla (Figura 1). Las mezclas de pejibaye completo y de morera fina presentaron los mayores contenidos (11,1% de promedio), debido al mayor contenido de lípidos en el pejibaye completo en comparación con la pulpa. La pérdida de lípidos se redujo conforme aumentó la proporción de pejibaye, obteniéndose pérdidas menores con el fruto integral. Palmquist (1985) sugiere un valor máximo de grasa de 7% en la dieta para rumiantes. De lo anterior se deduce que ensilajes con altos niveles de pejibaye (más de un 40%) tendrían limitaciones si se utilizaran como dieta única.

Valor de pH

El pH disminuyó en forma progresiva ($P \leq 0,01$) al aumentar la proporción de pejibaye en

la mezcla (Figura 2). Se obtuvo el menor valor al utilizar morera fina y pejibaye completo ($\text{pH} = 4,82$). Esta disminución progresiva ha sido cuantificada en ensilajes de pejibaye con otras fuentes forrajeras; sin embargo, los valores de pH obtenidos fueron menores (4,5 y 4,16 con proporciones de 80% y 75% de pejibaye en mezclas con poró y king grass, respectivamente), lo que sugiere una alta capacidad amortiguadora de la morera a pesar de las pérdidas cuantificadas en el contenido de carbohidratos solubles y de almidón.

Digestibilidad *in vitro* de la materia seca

El valor de digestibilidad *in vitro* del ensilaje aumentó ($P \leq 0,01$) al incrementar la proporción de pejibaye en la mezcla (Figura 1). Las mayores digestibilidades se obtuvieron al mezclar la morera gruesa con la pulpa de pejibaye (87,5%). En las mezclas ensiladas con altos contenidos de pejibaye, se puede explicar el incremento en la digestibilidad principalmente por el bajo contenido de fibra, en adición al aporte de nutrientes altamente aprovechables como el almidón. Rojas *et al.* (1994) observaron incrementos entre 65,1% y 83,4% en la digestibilidad *in vitro* del ensilaje al aumentar la proporción de pejibaye de 20% a 80% en la mezcla con poró.

Los contenidos de almidón y lípidos de la mezcla ensilada de pejibaye y morera en proporciones 80:20, asociados con el alto valor de digestibilidad, indican que este material puede ser una alternativa nutricional para satisfacer los requerimientos energéticos de los rumiantes en el trópico.

RESUMEN

Mediante el uso de bolsas de polietileno como microsilos, se analizó el valor nutritivo potencial del ensilaje de mezclas de pejibaye (*Bactris gasipaes*) y morera (*Morus alba*) en proporciones de 20:80, 40:60, 60:40 y 80:20 (en base fresca). La morera se cosechó a 60 días de edad, incluyendo hojas, pecíolos y tallos y se picó en fracciones de 6 mm y de 16 mm previo al mezclado. El pejibaye se incorporó en la mezcla en forma de pulpa o fruto completo previa trituración.

La inclusión progresiva de más pejibaye en la mezcla causó un incremento en el contenido de materia seca, carbohidratos solubles, almidón, extracto etéreo y digestibilidad *in vitro* de la materia

seca de los ensilajes. Asimismo, disminuyó el contenido de proteína cruda, pared celular y pH de los mismos. La incorporación de pejibaye integral causó un mayor contenido de carbohidratos solubles y extracto etéreo y un menor contenido de almidón y digestibilidad *in vitro*. Las mezclas con morera picada a 6 mm presentaron un mayor contenido de carbohidratos solubles, almidón, pared celular, extracto etéreo y un menor pH.

La mejor mezcla fue 80:20 de pejibaye integral y morera picada a 6 mm. Los valores nutricionales de esta mezcla son 44,6% de materia seca, 7,3% de proteína cruda, 31,3% de fibra neutro detergente, 3,6% de carbohidratos solubles, 41,0% de almidón, 14,9% de extracto etéreo, 85,3% de digestibilidad *in vitro*, con un pH de 4,82.

LITERATURA CITADA

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). 1980. Methods of analysis. 13 ed. Washington D.C. p. 69.
- CATCHPOOLE, V.R.; HENZEL, E.F. 1971. Silage and silage making from tropical herbage species. *Herbage Abstracts* 41(3):213-221.
- DUBOIS, M.; GILES, K.A.; HAMILTON, J.D.; REBERS, P.A.; SMITH, F. 1956. Colorimetric method for determination of sugar and related substances. *Anal. Chem.* 23:350.
- FARIAS, I.; GOMIDE, J.A. 1973. Effect of wilting and the addition of grated cassava meal on the characteristics of Elephant grass silage harvested at various levels of dry matter content. *Experimentae* 16(7):131-139.
- JOHNSON, R.R.; BALWANI, T.L.; JOHNSON, L.H.; McCCLURE, K.E.; DEHOROTY, B.A. 1966. Corn plant maturity. II. Effect on *in vitro* cellulose digestibility and soluble carbohydrate content. *J. Anim. Sci.* 25:617.
- MCDONALD, P. 1981. Nutritive value of silages. *In The Biochemistry of Silage*. New York, Wiley and Sons. p. 180.
- Mc DONALD, P.; HENDERSON, A.R. 1962. Buffering capacity of herbage samples as factor in ensilage. *J. Sc. Food Agric.* 13:395-400.
- MILLFORD, R.; MINSON, D. 1965. Intake of tropical pastures species. *In International Grassland Congress*, 9Th, Sao Paulo, Brasil. p. 815.
- PALMQUIST, D.L. 1986. Fat supplements for lactating cows. Ohio Dairy Day. The Ohio State University, Wooster, Ohio. p. 18-22.
- ROJAS-BOURRILLON, A. 1985. Effect of rolled corn silage on digestion of nutrients and feedlot performance of growing steers. M.Sc. Thesis. Iowa State University. 93 p.
- ROJAS-BOURRILLON, A.; CHAVEZ, A.; AGUIRRE, D. 1993a. Características nutricionales y fermentativas del ensilaje de mezclas de forraje king grass (*Pennisetum purpureum*) y pulpa de fruto integral de pejibaye (*Bactris gasipaes*). *In IV Congreso Internacional sobre Biología, Agronomía e Industrialización del Pijuayo*. Ed por J. Mora Urpi *et al.*, Iquitos, Perú. p. 469.
- ROJAS-BOURRILLON, A.; ROJAS, O.; BOSCHINI, C. 1993b. Efecto del procesamiento sobre la degradabilidad de la materia seca del fruto integral de pejibaye (*Bactris gasipaes*). *In IV Congreso Internacional sobre Biología, Agronomía e Industrialización del Pijuayo*. Ed. by J. Mora-Urpi *et al.*, 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 berteroana*) y pejibaye (*Bactris gasipaes*). *In Árboles y Arbustos Forrajeros en América Central*. Ed por J.E. Benavides. CATIE. p. 189.
- SOUGHATE, D.A. 1976. Determination of carbohydrates. London, Applied Science Publisher. 178 p.
- VALLEJO, S.M.A. 1995. Efecto del premarchitamiento y la adición de melaza sobre la calidad del ensilaje de diferentes follajes de árboles y arbustos tropicales. Tesis Mag. Sc. Turrialba. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 117 p.
- VAN SOEST, P.J. 1965. Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants: Voluntary intake in relation to chemical analysis and digestibility. *J. Anim. Sci.* 24:834-843.
- VAN SOEST, P.J. 1982. Nutritional ecology of the ruminant. Oregon, O & B Books. p. 142.
- VAN SOEST, P.J.; RYMPH, M.B. 1992. Carbohydrate and protein fractions in dairy feeds. California Nutrition Conference. p. 47.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B. 1985. Analysis of forages and fibrous food. Cornell University, A Laboratory Manual for Animal Science. 613 p.
- VARGAS, E. 1984. Tabla de composición de alimentos para animales de Costa Rica. p. 35.
- VARGAS, R.; JIMENEZ, C.; BOSCHINI, C.; CONSTELA, M. 1981. Estudio sobre cambios físico-químicos durante la fermentación del pasto Elefante en microsilos de laboratorio con tres niveles de melaza. *Agronomía Costarricense* 5(1/2):121-125.
- WILKINSON, J.M. 1983. Valor alimenticio de los forrajes ensilados de clima tropical y templado. 1. El proceso de ensilado e influencia de su valor alimenticio. *Revista Mundial de Zootecnia* 45:36-42.