

INTERSEDES

REVISTA ELECTRÓNICA DE LAS SEDES REGIONALES
DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA



MURAL DE LA BIBLIOTECA DE LA SEDE DE LIMÓN

**Evaluación preliminar de la cáscara de banana maduro como material de ensilaje, en combinación con pasto King Grass (*Pennisetum purpureum*).
(Nota Técnica)**

Herbert Dormond H, Augusto Rojas B, Carlos Boschini F, Gerardo Mora L, Guillermo Sibaja R

WWW.INTERSEDES.UCR.AC.CR
VOL. XII, N°23 (2011)
ISSN 2215-2458

Evaluación preliminar de la cáscara de banano maduro como material de ensilaje, en combinación con pasto King Grass (*Pennisetum purpureum*). (Nota Técnica)

(Preliminary assessment of ripe banana peel silage material in combination with grass King Grass) (*Pennisetum purpureum*)

Herbert Dormond H ¹
Augusto Rojas B ²
Carlos Boschini F ³
Gerardo Mora L ⁴
Guillermo Sibaja R ⁵

Recibido: 10 agosto

Aprobado: 8 setiembre

Resumen

Se investigó preliminarmente la respuesta de la cáscara de banano maduro (CBM) al ensilaje, combinándola con pasto King Grass (*Pennisetum purpureum*)(PKG). Se evaluaron 6 niveles de CBM (0 + 5 %melaza (testigo +), 20, 40, 60, 80 y 100%) y 4 períodos de fermentación (0, 21, 42 y 63 días), en 72 microsilos (P.V.C.) de 1 L. A lo largo del proceso se midieron parámetros químicos (materia seca (MS), proteína cruda, cenizas, pH) y físicos (densidad aparente), utilizando un diseño experimental de bloques al azar, con tratamientos en arreglo factorial. La MS se incrementó ($P \leq 0,05$) de 9,65% a 0 días a 13,08% a los 63 días, la cual se estabilizó a los 21 días (12,5% - 21 días; 12,5% - 63 días). Tanto el pasto como la cáscara presentaron porcentaje de material descompuesto parecido (3,7% y 3,03%, respectivamente), lo cual indica que la CBM no necesita carbohidratos adicionales para su fermentación. A los 63 días, de las mezclas evaluadas, el nivel 80% CBM presentó el mejor valor de pH (4) para ensilajes. Los resultados del ensayo permiten afirmar que la CBM se puede ensilar sola o mezclada con PKG, con niveles mayores de 16,8 % CNE, que vencen la alta humedad y la capacidad tampón de Ca y K, lo que permite valores de pH entre 3 y 4.

Palabras clave: Cáscara de banano maduro, pasto King Grass (*Pennisetum purpureum*), ensilaje.

Abstract

¹ Estación Experimental Alfredo Volio Mata y Escuela de Zootecnia. Universidad de Costa Rica. Email: hedormond@gmail.com

² Escuela de Zootecnia y Centro de Investigaciones en Nutrición Animal. Universidad de Costa Rica.

³ Estación Experimental Alfredo Volio Mata y Escuela de Zootecnia. Universidad de Costa Rica.

⁴ Centro de Investigaciones en Productos Naturales. Universidad de Costa Rica.

⁵ Cooperativa de Productores de Leche. Almacén Tilarán. Costa Rica.

The response of riped banana peel (SRB) to silage was preliminarily investigated in combination with King Grass (*Pennisetum purpureum*) (KG). Six levels of CBM (0 + 5% molasses (control+), 20, 40, 60, 80 and 100%) and 4 fermentation periods (0, 21, 42, and 63 days) were studied using 72 microsilos (PVC) of 1 L capacity . Chemical (dry matter, crude protein, ash, pH) and physical (bulk density) parameters were measured along the process, using a randomized block experimental design, with factorial treatments. Dry matter increased ($P \leq 0.05$) from 9.65% at 0 days to 13.08% at 63 days, reaching a plateau at about 21 days (12.5% -21 days, 12.5% - 63 days). Both PKG and the CBM had similar PMSD% (3.7% and 3.03%, respectively), indicating that the CBM does not need extra carbohydrates for fermentation. At 63 days, the 80% CBM level showed the best pH value (4) for silage. The results obtained support the fact that CBM can be ensiled alone or mixed with PKG, at levels of 16.8% CNE or higher, to overcome the high humidity and the buffering capacity of Ca and K, allowing in this way pH values between 3 and 4.

Key words:

Mature banana peel, King Grass, silage.

Introducción

Con el aumento en la producción de desechos agroindustriales, el empleo atinado de estos es obligatorio para amortiguar su impacto ambiental. Son necesarias alternativas de reutilización que van ligadas a las características propias de cada subproducto. En Costa Rica, durante las últimas dos décadas, de acuerdo con la Corporación Bananera Nacional, existen cerca de 44 000 ha sembradas de banano. Del total de fruta producida, alrededor del 30% se utiliza para consumo interno como producto fresco y como materia prima en la agroindustria del puré de banano maduro. Por otra parte, tanto en época seca como lluviosa, las agroindustrias dedicadas al procesamiento de frutas produjeron en promedio, en las dos últimas décadas, más de 100 mil toneladas de desechos, de los cuales casi 20 mil toneladas fueron de cáscara de banano maduro (CBM). Estos desechos, al no ser reutilizados, se convierten en focos de contaminación ambiental. Una alternativa es su utilización en la alimentación animal.

Su elevado contenido de azúcares reductores indica que puede ser una fuente importante de carbohidratos solubles para la alimentación de rumiantes, ya sea en fresco o ensilada. Algunos productores de leche de las zonas altas del Valle Central de Costa Rica, quienes utilizan el pasto estrella africana (*Cynodon nlemfluensis*) y el pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) como pastos de piso y el pasto King Grass (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum tifooides*) (PKG) o el Sorgo Negro Forrajero como pastos de corta, ya utilizan este material en fresco como alimento para sus vacas. Se estima que el 50% del desecho agroindustrial de CBM está siendo utilizado con ese fin e incluso se ha generado información sobre la utilización de la cáscara de banano en fresco (Dormond et al. 1998). Sin embargo, la investigación sobre la utilización de la CBM como material de ensilado ha sido poca o ninguna.

En el proceso de ensilado los azúcares juegan un papel importantísimo, y la efectividad del proceso depende del tipo y la cantidad de ellos en la planta o de su adición para lograr mejores resultados. Los carbohidratos de las plantas se dividen en dos grupos: estructurales (CE), que son los que forman parte de la pared celular (FDN) y carbohidratos no estructurales (CNE), los cuales son importantes como reserva de energía y están compuestos por azúcares, almidones y pectinas (Nocek y Russel 1988).

Es importante señalar también que el pH y el porcentaje de carbohidratos son factores que caracterizan el valor nutritivo y la calidad de un ensilaje (Le Dividich y Geoffery 1976; Vargas 1979; Castro et al 1979). En el caso de los ensilajes altos en humedad, su buen desempeño se determina por su nivel de pH que debe ser del orden de 4 (Van Soest 1982). Además, para este tipo de ensilajes, el proceso de fermentación está relacionado con la producción de ácidos orgánicos de cadena corta a partir de carbohidratos solubles (McDonald, Henderson y Ralston 1973). Para este tipo de ensilajes, un nivel de 14% CNE es adecuado (Van Soest 1982). La CBM desechada contiene, en promedio, 21% de azúcares reductores, 7% de grasa, 11% de fibra cruda, 60% de extracto libre de N en base seca y 86% de humedad, por lo que es clasificada como un material energético alto en humedad (Archivald 1949, Le Dividich y Geoffery 1976, Meseguer 1983).

En el Cuadro 1 se resumen datos de la literatura sobre la composición de la CBM y el PKG. Se observa que, tanto la CBM como el PKG, poseen adecuadas cantidades de carbohidratos no estructurales (CHOSNE) para el proceso de ensilaje (CBM, 18,55% de CHOSNE y 22% de azúcares reductores; PKG, 10% de CHOSNE) (Wilkinson 1983; Fisher y Burns 1987; citados por Fernández 1999). Sin embargo, los niveles de sales de K más que de Ca (CBM, 8,96%; 0,37% y PKG, 2,2% y 0,38) pueden llegar a interferir con la adecuada fermentación ácida, por el efecto tampón (Van Soest 1982). En el Cuadro 1 se determina que, tanto la CBM como el PKG, poseen alto contenido de humedad.

El presente trabajo se llevó a cabo con el propósito de estudiar preliminarmente la respuesta de la CBM, sea sola o mezclada con PKG, al proceso del ensilaje, de tal manera que el ganadero tenga también la opción de poder guardar el producto cuando exista abundancia de él y utilizarlo en las épocas de verano en la que el forraje escasea.

Materiales y métodos

El presente trabajo se realizó en el laboratorio de la Estación Experimental de Ganado Lechero Alfredo Volio Mata (EEGLAVM), de la Universidad de Costa Rica, la cual está ubicada en la provincia de Cartago, a 9 grados 54 minutos latitud norte y 83 grados 57 minutos latitud este, a una altura de 1546 m.s.n.m; y con una precipitación promedio anual de 2037 mm, utilizándose un

diseño experimental de bloques al azar, con tratamientos en arreglo factorial 4x6 (4tiempos de fermentación por 6 mezclas), con 3 repeticiones de cada tratamiento.

La CBM empleada estuvo amontonada al sol por tres días y se seleccionó aquella que se percibía visualmente como fresca. El PKG, fue cultivado en la EEGLAVM y fertilizado con 280 kg de nitrógeno /ha/año. Cosechado a 60 días de edad y cortado a un tamaño de 6 mm en el momento de llenar los microsilos. Se utilizaron 72 microsilos de cloruro de polivinilo (PVC), con capacidad de 1 litro, cada uno (Figura 1) que se desinfectaron con agua de cloro al 5% durante los ocho días previos al inicio del ensayo. Estos microsilos se llenaron con CBM y PKG de acuerdo con las proporciones de cada mezcla de material por ensilar: 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, y 100% de CBM (Cuadro 2). Al tratamiento 0% CBM se le adicionó 5% de melaza, con lo cual se alcanza 14% de CNE necesarios para una adecuada fermentación en pastos altos en humedad (Vargas 1979; Van Soest 1982). Tanto la CBM como el PKG fueron picados antes de su introducción en cada microsilo: CBM a 1,5 cm y el PKG a 6 mm.

En el experimento se emplearon cuatro bloques de fermentación (0, 21, 42, y 63 días), de 18 microsilos cada uno, a los cuales se les introdujo 1 kg de la mezcla a ensilar y seguidamente se taparon y socaron las tuercas de los émbolos, para compactar el material. Cada efluente fue almacenado en el drenaje del respectivo microsilo, que posee una válvula a través de la cual, cada semana, por medio de vacío para evitar el ingreso de aire, se extrajo el efluente para medir su pH; en ese momento, los microsilos también fueron pesados. Luego de extraído el efluente, cada tuerca de émbolo se volvió a socar, para mantener una presión del pistón sobre el producto contenido. Finalizada esta operación, la distancia recorrida por el émbolo, se midió para calcular la densidad del material dentro de cada microsilo.

Al concluir cada período de fermentación, el material ensilado se extrajo y pesó, para luego tomar una muestra y secarla a 60°C. A las muestras secas se les determinó la materia seca (MS) y las cenizas (Ce) siguiendo las normas de la Asociación Oficial de Químicos Analíticos (A.O.A.C.) (1980) a través de la eliminación del agua contenida en la muestra, mediante calor, mientras que, la proteína cruda (PC), se cuantificó utilizando la digestión húmeda del método micro-Kjeldahl (Garret y Worker 1965).

Resultados y discusión

Materia seca

En el Cuadro 3 se observa como la MS se incrementó significativamente ($P \leq 0,05$) conforme aumentaron los días de fermentación en los diferentes niveles de CBM, pasando en promedio de 9,65% MS a 0 días de fermentación a 13,08 % MS a los 63 días de fermentación. El tratamiento de 0% de CBM presentó siempre el mayor porcentaje de MS ($P \leq 0,05$), incrementándose ésta

conforme pasaban los días de fermentación (de 11,1% - 0 días a 15,01% - 63 días), similar al porcentaje de MS encontrado por Domínguez et al. (1982) (15,38%), con una tasa de incremento diario de 0,062 unidades porcentuales (Cuadro 3). Igual comportamiento presentó el nivel de 100% de CBM (de 9,9% a 12,24% MS; 0,037 unidades porcentuales/día).

Al mezclar los dos materiales, la MS presentó una disminución respecto del pasto solo, por el menor contenido de MS de la CBM. La MS en las mezclas de CBM y PKG se incrementó de 9,2% (0 días) a 13% (63 días), evidenciando pérdidas considerables por efluentes al ser los materiales ensilados altos en humedad (McIlroy 1972) y tendió a estabilizarse a los 21 días (12,5% - 21 días, 12,5% - 63 días). Un comportamiento semejante se observó en los niveles 100% y 0% CBM, pues indicó que, tanto la CBM como el PKG (con adición del 5% de melaza) y sus mezclas, cuando son ensiladas, requieren de 21 días de fermentación como mínimo para estabilizarse. Igual resultado encontró López (1989) al ensilar pasto elefante, adicionándole niveles superiores al 4% de melaza.

El aumento de la M.S., al incrementarse los días de fermentación, es contrario a lo determinado en condiciones de campo (Wilkinson 1983). Esto es debido probablemente a la salida de humedad en forma de efluentes (McIlroy 1972) y al ajuste del émbolo de los microsilos cada semana, para mantener una densidad constante. Este aumento de efluentes tiene mucho que ver con el tamaño de partícula, la cual debió de ser mayor a 1,5 cm (Wilkinson et al. 1978; Domínguez et al. 1982). El porcentaje de material descompuesto (PMD) se incrementó a partir del día 42 de fermentación (Cuadro 7). Tanto el PKG como la CBM presentaron promedios de PMSD semejantes (3,7% y 3,03%, respectivamente). El promedio de los PMD en las mezclas con 20% y 80% de CBM fueron inferiores a las de aquellas con 40% y 60% CBM (8,97; 8; 10,38; 10,17 respectivamente). En ninguno de los casos la pérdida de materia seca llegó al 20% reportado por Wilkinson (1983).

El comportamiento del nivel 0% de CBM (más 5% de melaza) es similar al del nivel 100% de CBM (Cuadro 3), lo que indica que la CBM se comporta como excelente forraje de ensilaje y no necesita la adición de ninguna fuente de carbohidratos para su fermentación. Por otra parte, el nivel de MS del PKG, en la proporción 0% CBM, fue inferior al obtenido por Vargas (1979) y Scott (1990) cuando ensilaron PKG adicionándole melaza, residuos de naranja o caña de azúcar (16,34%; 21,22%; y 25% MS, respectivamente). Por consiguiente, en lo que a la MS se refiere, la CBM puede ser almacenada tanto sola como en combinación con PKG, en mezclas de 20/40/60/80 CBM/PKG, y utilizarse en las épocas de verano.

Valor pH de los efluentes

Al iniciar el experimento, los efluentes de las mezclas tuvieron un valor de pH del orden de 5 (Cuadro 4). Al avanzar el proceso fermentativo, los efluentes para los tratamientos de 0% y 100% de CBM mostraron un valor de pH del orden de 3. Las mezclas 20%, 40%, 60% CBM llegaron al orden de 5, no así el tratamiento de 80 % CBM, que llegó a 4. Los niveles de MS en todos los tratamientos oscilaron entre 8,6% a 15%, indicando que son ensilajes con bajo contenido de materia seca. Por consiguiente, los porcentajes de 14 y 18,5 de CNE presentes en las mezclas de 0% y 100% de CBM(más 5% de melaza) fueron suficientes para vencer el efecto tampón de los elementos de Ca y K, así como el nivel de humedad (86%) (Vargas 1979; Van Soest 1982). En la mezclas 20 y 40% CBM, la presencia de 11,7 y 13,4 % CNE, no fue suficiente para obtener un pH adecuado, propiciando, por el contrario, un ambiente para el desarrollo de Clostridios (Marchan y del Toro 1947), los cuales propician la descomposición y el crecimiento de hongos en el ensilado (Barnett 1954).

Las mezclas de 60% y 80% CBM, con 15% y 17% CNE, a los 21 y 42 días mostraron valores de pH del orden de 4, equiparando estos resultados con los obtenidos en otros ensayos con pasto y melaza (Vargas et al. 1981). A los 63 días, la mezcla (CBM/PKG) que mejor nivel de acidez presentó fue la de 80%, al mantenerse su pH en niveles de 4; por el contrario, el nivel de 60% mostró un aumento en su correspondiente valor (5,27). En los niveles de 100 % y 0 % de CBM se evidencia que los niveles de CNE permitieron una caída rápida y significativa (al pasar de valores de 5 a valores del orden de 3) (28,5 % en promedio) del valor de pH, evitando el desarrollo tanto de enterobacterias como de clostridios, que se inhiben con valores bajos de pH (Voss 1966; McPherson y Violante 1966), y prevaleció una fermentación dominada por bacterias lácticas que se desarrollan en condiciones cuyos valores de pH se encuentran entre 3,7 y 4,2 (Marchan y Del Toro 1947; Le Dividich y Geoffery 1976; Mc Donald 1981; Chacón 1987; Van Soest 1982; Scott, 1990; Kung 1991).

El valor de pH en el nivel de 100% CBM (3,8), fue similar al obtenido por Geoffroy (1985) en ensilajes de banano maduro. Este adecuado valor de pH indica que los taninos ligados, que se encuentran en solución en los vasos de látex, situados en la CBM (Meseguer 1983), no presentaron problema para el desarrollo de bacterias lácticas, cuando se ensiló solo este material.

Proteína cruda

En el Cuadro 5 aparecen los contenidos de proteína cruda (PC). Se evidencia que los niveles de dicho producto disminuyeron de 14,95% hasta 8,67 %, inversos al %CBM (0% a100%), a pesar de que ambos materiales poseen en forma individual porcentajes de PC semejantes (10,45% y 9,56% respectivamente). Esta disminución se puede explicar por un efecto mecánico al ajustar el émbolo en el silo. Conforme se aumenta la presión en el compartimento, y se incrementa la

proporción de CBM, se experimenta una mayor pérdida de PC por efluentes, al tener la CBM expuesto el parénquima y un solo lado con epidermis.

Las mezclas 20%, 40%, 60 % CBM mantuvieron la tendencia de reducción de 20% ($P \leq 0,05$) a través del tiempo de fermentación, evidenciando un efecto de proteólisis y producción de nitrógeno no proteico (Van Soest 1982) que induce un incremento en el valor pH (Cuadro 4) como resultado de la producción de amonio. Este incremento de pH permite el crecimiento de bacterias proteolíticas y productoras de ácido butírico (Marchan y Del Toro 1947). En el lote con solo PKG, la PC disminuyó 0,17 unidades porcentuales/día ($P \leq 0,05$), manteniendo en promedio un 14,2% PC. Este valor es mayor al obtenido por Vargas (1979) con ensilajes similares. El tratamiento con 100% CBM (Cuadro 5) presentó valores de PC mayores a los reportados por Scott (1990) al ensilar residuos de naranja (5 a 7,88%).

Al día 63 de fermentación, las mezclas 0% y 100% experimentaron un aumento ($P < 0,05$) en el porcentaje de proteína (5% y 1,7% respectivamente), que pudo deberse al aumento de la concentración por la pérdida de efluentes y por el efecto favorable de los CNE que disminuyen el contenido de nitrógeno amoniacal, lo cual ayudó a la conservación de la proteína original y a aumentar la masa microbiana de alto valor proteico (Vargas et al, 1981; Chacón, 1987).

Densidad del material ensilado

Las densidades iniciales de todos los tratamientos (Cuadro 6) promediaron 1,068 g/cc, excepto el nivel de 20% de CBM, que presentó una densidad menor (0,86 g/cc). La densidad del ensilaje de PKG es inferior en 0,07 g/cc a la del ensilaje de solo CBM, por lo que es de esperar que sus mezclas sean inferiores al material de mayor densidad (CBM). Conforme aumentan los días de fermentación, el ensilaje con solo CBM incrementa ($P \leq 0,05$) su densidad desde el día 42 hasta el día 63 (1,17, 1,31 g/cc). Por el contrario, el tratamiento con solo PKG tuvo la tendencia a disminuir. Al avanzar los días de fermentación, se mantuvo la tendencia inicial de incrementarse la densidad al aumentarse la proporción de CBM (0,55 y 0,23 g/cc, en los días de fermentación 42 y 63, respectivamente).

Porcentaje de material descompuesto

El ensilaje con solo CBM produjo menor PMD que el PKG a los 63 días de fermentación (5%) y ligeramente mayor a los 42 días. Sin embargo, conforme se incrementó el % de CBM en las mezclas experimentales, el material descompuesto también se aumentó, siendo las proporciones de 60 y 80% las que muestran menor descomposición (Cuadro 7), pues mantenían un comportamiento similar al valor de pH. Los resultados obtenidos confirman que, para este tipo de ensilajes, altos en humedad, los valores de pH deben estar entre 3 y 4, para disminuir el % de material descompuesto. También se corroboró que el nivel de CNE debe ser de 14 % cuando se ensilan materiales forrajeros

altos en humedad como el PKG, mientras que, cuando dichos materiales se mezclan con productos energéticos altos en humedad, como la CBM, debe ser mayor a 16,8 % (80 y 100 %CBM).

Porcentaje de cenizas en los materiales ensilados

Al iniciar el proceso experimental de fermentación, una vez cuando los microsilos han sido llenados y compactados, el PKG (más 5% de melaza) es el material que presenta el mayor porcentaje de cenizas (Cuadro 8), mientras que la CBM ($P \leq 0,05$) tiene el menor porcentaje (16,15% y 10,38 %, respectivamente). En las mezclas de ambos, la tendencia es a disminuir el porcentaje conforme se incrementa la proporción de CBM, como es de esperar al combinar dos materiales, uno con mayor (PKG) y otro con menor porcentaje (CBM) de cenizas. Al pasar los días de fermentación, se nota (Cuadros 6 y 8) que, la proporción 100% CBM, al cabo de los 63 días de fermentación, permitió un incremento en la densidad de 0,18 g/cc, lo que representó una pérdida ($P \leq 0,05$) sustancial de Ce (2,73 unidades porcentuales). Por su parte, el PKG no permitió un incremento en la densidad sino una disminución de esta en 0,13 g/cc, llamando la atención que, por cada décima de aumento o pérdida en la densidad, se perdió en ambos materiales (100%, 0%CBM) la misma proporción de Ce (0,066 %).

Tanto los materiales puros (mezclas 0%, 100% CBM) como sus diferentes mezclas presentaron una disminución en el porcentaje de cenizas al aumentar los días de ensilaje. Esto es normal por el proceso propio de fermentación; sin embargo, el mayor incremento de las pérdidas se dio en la proporción 100 % CBM, lo cual puede entenderse ya que la CBM solo tiene un lado con epidermis y el otro expone el parénquima, por lo que es más fácil la pérdida de constituyentes de látex que arrastran fácilmente minerales, en el lixiviado natural del ensilado.

Conclusiones

El almacenamiento de la CBM, como material alto en humedad, en los meses de invierno (mayo a noviembre), cuando hay sobreproducción de pastos, se puede realizar por medio de la técnica del ensilaje, sola o mezclada con PKG, en proporciones que superen el 16,8 % CNE, ya que, este nivel favorece la producción de ácido láctico, y se alcanzan valores de pH ente 3 y 4, en los cuales se produce una estabilización del ensilaje; en el presente trabajo, estos valores se alcanzan, a partir del día 21, en los niveles de 0%, 80% y 100% de CBM, indicando que, los CNE que la CBM aportó para los niveles de 20%, 40% y 60% de CBM, no fueron suficientes para vencer la capacidad tampón de las sales de K y Ca presentes en el material ensilado, como si lo hicieron los CNE de la melaza adicionada al nivel de 100% de PKG y de la CBM en los niveles 80% y 100% CBM.

Al tener la CBM expuesto el parénquima así como un solo lado con epidermis, en el microsilo, conforme se aumenta la presión y la proporción de CBM, y los días de fermentación se produce un incremento en la densidad (1,06g/cc 0%CBM a 1,31 g/cc 100% CBM) y una mayor pérdida, a través de efluentes, tanto de PC (14,95%PC en 0 % CBM hasta 9,14% PC en 100% CBM) como de Ce (16,75%Ce en 0% CBM hasta 7,65 %Ce en 100% CBM).

Referencias bibliográficas

- ARCHIBALD, J.G. 1949. Nutrients compositions of banana skins, Journal of Dairy Science. 32:969-971
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (A.O.A.C.) 1980. Methods of analysis. Ed. 13. Washington D.C. p.69.
- BARNETT, A.J.G. 1954. Silage fermentation. Academic Press. New York. EE.UU.324 p.
- CASTRO, A.A.; J.H.DA SILVA; D.J. DA SILVA. 1979. Estudio de composicao química du sorgo (Sorghum bicolor), variedade “Santa Elisa”, usado isoladamente ou em misturas completas e sus respectivas silages. Rev.Soc. Bras. Zoot. 8 (2): 231-250.
- CHACÓN, H.A.U. 1987. Determinación de los cambios físico-químicos durante la fermentación del pasto Elefante (Pennisetum purpureum) en microsilos. Ing. Agr. Zootecnista. U.C.R. 72 p.
- DORMOND, H.; BOSCHINI, C.; ROJAS, A. 1998. Efecto de dos niveles de cascara de banana maduro sobre la producción láctea en ganado lechero especializado. Agronomía Costarricense 1(22)43-49
- DOMÍNGUEZ, G., HARDY, C., AYALA, J.R. 1982. Efectos de la edad de corte y niveles de miel final en la calidad de ensilado de King Grass (Pennisetum purpureum x Pennisetum typhoides). Revista cubana de ciencia agrícola. 16 (1): 89-94.
- FERNÁNDEZ, A. 1999. Silaje de planta entera. Estación Experimental Agropecuaria , Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria . Bourenave. Argentina. 4-11
- GARRET, D.B. ; G.F. WORKER. 1965. Comparative feeding value of silage made from sweet and dual purpose varieties of sorghum. Journal of animal Science 24: 782-785.
- GEOFFROY, F. 1985. Utilisation de la banane par les ruminantsI. Composition et valeur nutritive de la banane fraîche ou ensilée: revue. Rev.Elev.Med. Vét. Pays trop.38(1):76-85.

- KUNG, L. 1991. Avances in Dairy Technology: Forage Conservetion Microbial Inoculants and Enzymes. 9p
- LE DIVIDICH, J.SEVE, GEOFFERY, F. 1976. Preparation et utilization de l'ensilage de banana en alimentation animale. Ann. Zootech. 25 (3): 313-323.
- LÓPEZ, O. 1989. Cinética d la fermentación en ensilajes de pasto elefante enano (*Pennisetum purpureum* Schum) cv.Mott con diferentes niveles de melaza como aditivo. Tesis Mag. Sc. Centro Agronomico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba. Costa Rica. 92 p
- MARCHAN, F.J.; E. DEL TORO. 1947. Studies on silage in Puerto Rico. Methods of ensiling and resulting quality of Merker cane tops and grass silages. Journal of Agriculture. Puerto Rico 31 (2): 168-179.
- McDONALD,P., HENDERSON, AR AND RALSTON, I, 1973. Energy changes during ensilage. Journal of the Science of Food and Agriculture. 24: 827--834.
- Mc DONALD, P. 1981. *The biochemistry of silage*. New York. Brisbane. Toronto. 226 pp
- McPHERSON, H.T.; VIOLANTE, P. 1966. Omithine, putrescine and cadaverine inf farm silages. Journal of the Science of Food and Agriculture. 17:124-127.
- McILROY, R. J. 1972. An introduction to Tropical Grassland Husbandry. 2 Edition. Oxford University Press. Oxford, U.K.160 p
- MESEGUER, C.M. 1983. Medida del potencial de producción de gas metano a partir de cáscara de banano maduro. Tesis de Lic. Tecnología de alimentos. 70 p.
- NOCECK, E.; RUSSEL,B. 1988. Protein and Energy as an Integrated System. Relationship of Ruminal Protein and Carbohydrate Availability to Microbial Synthesis an Milk Production. Journal of Dairy Science. 71:2070-2170.
- SÁNCHEZ, J.M.; SOTO, H. 1999. Calidad nutricional de los forrajes de una zona con niveles medio de producción de leche, en el trópico húmedo del norte de Costa Rica. Agronomía Costarricense. 23 (2):165-171
- SCOTT, D.G. 1990. Efecto de la adición de diferentes proporciones de caña de azúcar integra picada y de residuo integral de naranja sobre la composición final de un ensilaje con pasto King Grass. Tesis Ing. Agr. Zootecnista. U.C.R. 74 p.
- VAN SOEST, P.J. 1982 Forage conservation. Nutritional Ecology of the ruminant. O & B Books Inc., Corvallis. Oregon. USA. 374 p
- VARGAS, R. 1979. Determinación de la composición química y el valor nutritivo del pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) ensilado en microsilos con tres niveles de melaza. Tesis Ing. Agr. Zootecnista. U.C.R. 75 p.

- VARGAS, R.; JIMÉNEZ, C.; BOSCHINI,C.; CONSTENLA, M. 1981. Estudio sobre cambios físico-químicos durante la fermentación del pasto Elefante en microsilos de laboratorio con tres niveles de melaza. 5(1/2):121-125
- VOSS, N. 1966. Über die Amin- und Ammoniakbildung im Garfutter. *Das wirtschaftseigene Futter*, **12**: 161-171.
- WILKINSON, J.M. 1983. Valor alimenticio de los forrajes ensilados de clima tropical y templado. . El proceso de ensilado e influencia de su valor alimenticio. *Revista Mundial de Zootecnia* 45:36-42
- Wilkinson, J.J.; I.N. Penning y D.F. Osbourn. 1978. Effect of stage of harvest and fineness of chopping on the voluntary intake and digestibility of maize silage by young beef cattle. *Animal Production* 26:143-150.

Cuadros y Anexos

Cuadro 1. Composición química de la cáscara de banano maduro y del pasto King grass

Componentes Porcentaje de MS	Cáscara de banano *	Pasto King Grass**
Humedad	86,6	86,70
Materia Seca	13,4	13,03
Proteína Cruda	10,45	9,56
Extracto Etéreo	8,5	1,41
Fibra Cruda	14,18	
Extracto Libre de Nitrógeno	54,48	
Cenizas	12,69	14,47
CHOSNE***	18,55	10****
Azúcares Reductores ****	22	
Energía Bruta, Kcal/kg MS*****	5106	
Calcio	0,37	0,38
Fósforo	0,187	
Potasio	8,96	2,2
Magnesio	0,157	
Hierro, mg/kg	134,3	
Fibra Neutro Detergente	50,1	73,78
Fibra Ácido Detergente	42,8	46,53
Sílica	4,55	
Lignina	8,21	12,15
Celulosa	1,43	34,38
Hemicelulosa, %		27,25

*Datos reportados por el Centro de Investigación en Nutrición Animal, Universidad de Costa Rica

**Estación Experimental Alfredo Volio Mata, Universidad de Costa Rica

***CHOSNE=carbohidratos no estructurales

****Archivald,1949

*****MS=materia seca

*****Sánchez y Soto1999

Cuadro 2. Tratamientos experimentales (mezclas en base fresca).

Tratamiento	% C.B.M	% King Grass
1	0	100 + 5% Melaza
2	20	80
3	40	60
4	60	40
5	80	20
6	100	0

Cuadro 3. Porcentaje de materia seca, del material fermentado, según los diferentes porcentajes de cáscara de banano maduro y días de fermentación.

Días de fermentación	Porcentaje de Cáscara					
	0	20	40	60	80	100
	Porcentaje de Materia Seca					
0	11.10	8.62	9.52	9.23	9.43	9.99
21	14.30	12.98	12.64	12.30	12.24	11.08
42	15.38	12.02	12.79	13.01	12.04	12.39
63	15.01	12.68	13.14	13.12	13.22	12.24

*Realizado por método de la A.O.A.C. (1980)

Diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0,05$)

Cuadro 4. Porcentaje de proteína cruda en el material ensilado, de acuerdo al porcentaje de cáscara de banano maduro y días de fermentación.

Días de fermentación	Porcentaje de Cáscara					
	0	20	40	60	80	100
	% de Proteína Cruda					
0	14.95	14.65	13.40	12.56	10.18	8.67
21	13.95	12.04	12.06	11.13	10.34	8.75
42	12.79	11.36	11.44	11.42	10.45	8.99
63	13.45	11.11	10.51	10.75	10.75	9.14

Diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0,05$)

Cuadro 5. Nivel de pH de los efluentes producidos por el material ensilado, en los microsilos, gramos de CNE, Ca y K, de acuerdo al porcentaje de cáscara de banano maduro y días de fermentación.

Días de fermentación	Porcentaje de Cáscara					
	0	20	40	60	80	100
	pH					
0	5,25	5,15	4,55	5,25	5,25	5,65
21	3,82	5,78	4,93	4,14	4,12	3,97
42	3,86	5,68	5,50	4,80	4,28	3,85
63	3,60	5,37	5,52	5,27	4,83	3,95
CNE	0	140,18	117,10	134,2	151,30	185,50
Ca K	0	27,72	39,30	52,8	66,30	93,3

Diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0,05$)

Cuadro 6. Densidad del material ensilado, de acuerdo a los diferentes porcentajes de cáscara de banana maduro y días de fermentación, en el momento de ser abiertos los microsilos.

Días de fermentación	Porcentaje de Cáscara					
	0	20	40	60	80	100
	Densidad (g/cc)					
0	1.06	0.86	1.09	1.05	1.05	1.13
21	1.07	1.11	1.09	1.06	1.06	1.07
42	0.79	1.02	1.12	1.57	1.57	1.17
63	0.93	1.00	1.12	1.23	1.23	1.31

Diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0,05$)

Cuadro 7. Porcentaje de material descompuesto, de acuerdo a los días de fermentación y porcentaje de cáscara de banana.

Días de fermentación	Porcentaje de Cáscara					
	0	20	40	60	80	100
	Porcentaje de Material descompuesto					
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21	0.00	0.00	0.00	4.08	5.03	0.00
42	1.73	18.44	21.02	17.93	14.21	4.14
63	13.10	17.40	20.50	18.67	13.14	7.98

Diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0,05$)

Cuadro 8. Porcentaje de cenizas presentes, en el material ensilado, a diferentes días de fermentación y porcentajes de cáscara de banana maduro.

Días de fermentación	Porcentaje de Cáscara					
	0	20	40	60	80	100
	Porcentaje de Cenizas					
0	16.15	14.24	14.50	13.08	11.84	10.38
21	13.46	13.86	12.88	11.10	9.63	8.39
42	14.35	14.15	14.06	10.41	8.96	7.75
63	14.18	13.46	13.01	11.47	9.52	7.65

Diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0,05$)

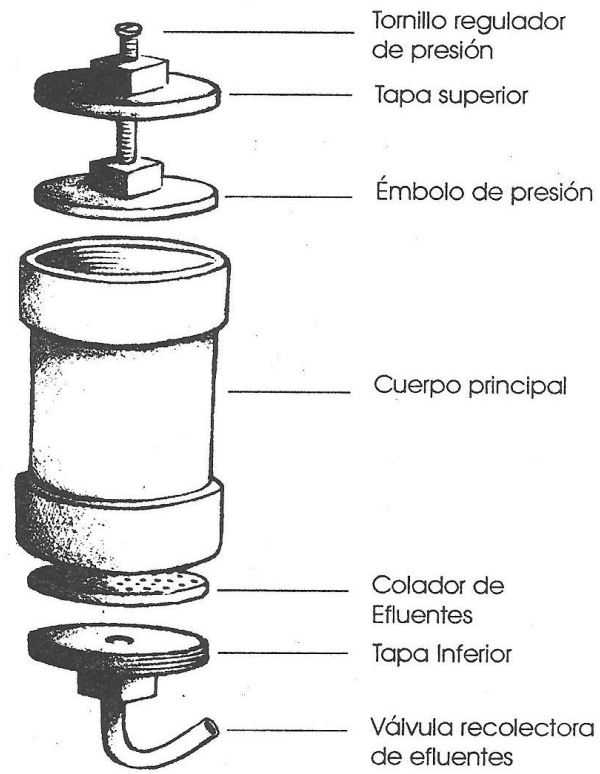


Fig. 1. Microsilo experimental de cloruro de polivinilo (PVC) (Adaptado por Carlos Jiménez)