CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA

SUBDIRECCION GENERAL ADJUNTA DE ENSEÑANZA

PROGRAMA DE POSGRADO

CINETICA DE LA FERMENTACION EN ENSILAJES DEL PASTO ELEFANTE ENANO (*Pennisetum purpureum* Schum) cv MOTT CON DIFERENTES NIVELES DE MELAZA COMO ADITIVO.

Tesis sometida a la consideración del Comité Técnico Academico del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, para optar al grado de:

MAGISTER SCIENTIAE

por

JOSE VICENTE LOPEZ OLIVA

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza,

Turrialba, Costa Rica

Noviembre de 1989

Esta tesis ha sido aceptada, en su presente forma, por la Coordinación del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales Renovables del CATIE, y aprobada por el Comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar el grado de:

MAGISTER SCIENTIAE

COMITE ASESOR:

María Kass, Ph.D.
Profesor Consejero

Danilo Pezo Q., Ph.D.
Miembro del Comité

Jorge Faustino M., M.Sc.
Miembro del Comité

Miembro del Comité

Ramón Lastra Rodríguez, Ph.D.
Coordinador, Programa de Estudios de Posgrado

Dr. José Luis Parisí
Subdirector General Adjunto de Enseñanza

José Vicente López Oliva
Candidato

DEDICATORIA

A mis padres **Manuel López** y **Marta Elena.**

A mis hermanos **María del carmen, Carlos Rubén, Ana Patricia** Y **Manuel Ernesto H.**

A mi compañera de hogar y madre de mis hijos **Alba Esperanza.**

A mis hijos **José Manuel y Josela María.**

AGRADECIMIENTO

A **DIOS** todo poderoso por tener la puerta de su casa siempre abierta para todos. Ayuda sin la cual nada existe, nada es posible.

A Maria Kass por haber sido antes que una maestra una amiga y por la conducción cientifica de la tesis.

A Danilo Pezo por su calidad humana y profesional, pilar fundamental en el desarrollo de la tesis.

A Jorge Faustino por su amistad y conocimientos brindados.

A mis queridos amigos "familia Flores Cariaz" por su especial amistad brindada a mi familia.

A Gerardo Rodrigues Y Franklin López por su valiosa enseñanza y colaboración en los análisis de laboratorio.

A Orlando Montero, Gustavo López, Amilcar Beitia y Francisco Merino por su ayuda valiosa en la realización de la tesis.

A todas aquellas personas que hicieron posible la realización de la presente investigación.

BIOGRAFIA

El autor, nació en la ciudad de Tegucigalpa, Honduras el 27 de octubre de 1960.

Realizó sus estudios primarios y secundarios en su ciudad de origen.

Posteriormente ingresó a la Escuela Nacional de Agricultura (ENA) en Catacamas, Olancho donde obtuvó el titulo de Agrónomo en 1981.

De marzo de 1982 a junio de 1984 presto sus servicios profesionales en el Instituto Nacional Agrario y la Secretaria de Recursos Naturales. En julio de 1984 ingreso al Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM). Obteniendo el titulo de Ingeniero Agrónomo Zootecnista, en junio de 1986.

Luego en enero de 1987 se incorporo a la Secretaria de Recursos Naturales, de Honduras, como coordinanor del departamento de ganaderia de la regional la Esperanza trabajando hasta el mes de Septiembre del mismo año, fecha en la que ingresó al Centro Agronómico tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), al Programa de Producción y Desarrollo Agropecuario Sostenido, obteniendo el grado de Magister Scientiae con énfasis en Nutrición Animal, en octubre de 1989.

CONTENIDO

	página
Dedicatoria	iii
Agradecimiento	iv
Biografia	v
Indice	vi
Resumen	vii
Summary	ix
Lista de figuras	xi
Lista de cuadros	xii
Abreviaturas	xiii
1.INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
2.1 Producción y composición del pasto elefante enano.	3
2.2 El proceso del ensilado y sus fases.	6
2.2.1 Respiración	7
2.2.2 Fermentación	7
2.2.3 Estabilización	12
3.MATERIALES Y METODOS	15
3.1 Localización del estudio.	15
3.2 Manejo del experimento.	15
3.3 Preparación de muestras para los análisis.	16
3.3 Descripción de tratamientos y diseño experimental.	16
3.4 Análisis de laboratorio.	18
3.4.1 Determinación de materia seca liofilizada.	18
3.4.2 Determinación de materia seca a 100 OC.	18
3.4.3 Determinación del pH.	18

3.4.4 Determinación del amoniaco. 18

3.4.5 Determinación de proteína cruda. 19

3.4.6 Determinación del contenido de pared celular. 19

3.4.7 Determinación de la digestibilidad *In vitro* de la materia seca. 19

3.4.8 Determinación de los ácidos grasos volatiles. 19

3.5 Variables de respuestas. 20

4. RESULTADOS Y DISCUSION 21

4.1 Materia seca y pH. 21

4.2 Acido láctico 27

4.3 Digestibilidad. 33

4.4 Contenido de pared celular. 37

4.5 Amoníaco. 41

4.6 Proteína cruda. 46

4.7 Acido butírico. 49

4.8 Acido acético. 54

5. CONCLUSIONES 58

6. RECOMENDACIONES 60

7. BIBLIOGRAFIA 61

8. ANEXOS 70

LOPEZ O, J.V. 1989. Cinética de la fermentación en ensilajes del pasto elefante enano (*Pennisetun purpureum* Schum) cv Mott con diferentes niveles de melaza como aditivo. Tesís Mag. Sc. CATIE. Turrialba, C.R. 79 p.

Palabras claves: Ensilaje, trópico, pasto elefante enano cv Mott, melaza, calidad nutritiva, cinética de fermentación.

CINETICA DE LA FERMENTACION EN ENSILAJES DEL PASTO ELEFANTE ENANO (*Pennisetun purpureum* Schum) cv Mott CON DIFERENTES NIVELES DE MELAZA COMO ADITIVO.

Resumen

La conservación de los forrajes por fermentación natural o ensilaje, se presenta como una de las mejores alternativas para el trópico, por presentar una menor dependencia de las condiciones climatológicas, y de conservar el material en su estado óptimo de crecimiento y valor nutritivo.

El pasto elefante enano cv Mott tiene una alta calidad de forraje en comparación con otros pastos tropicales. La razón para asignar la superioridad de este pasto es la ausencia de tejidos reproductivos, y mantener una alta calidad de forraje en un rango mas amplio durante la madurez que las otras especies tropicales

Los objetivos del presente estudio fueron determinar la calidad nutritiva del pasto elefante enano cv Mott como ensilaje y la influencia de la adición de diferentes niveles de melaza a través de una cinética de fermentación.

El pasto elefante enano cv Mott que se ensiló picado en frascos de vidrio con de aproximadamente de 1 Kg una edad de 9 semanas, encontrandose establecido en Guápiles estación experimental los "Diamantes", en una zona de vida de Bosque

Muy Húmedo Tropical. El diseño utilizado fue un completamente al azar con un arreglo factorial de 5*9*3 donde 5= niveles de melaza (0,2,4,6 y 8%); 9= tiempo de fermentación (0,4,7,14,28,56,84,112 y 140 días) y 3= Número de repeticiones.

Las variables de respuestas fueron %materia seca (M.S.), pH, %ácidos: láctico (A.L.), butírico (A.B.), y acético (A.A.), %proteína cruda (P.C.), %digestibilidad In vitro de la materia seca (DIVMS), %contenido de pared celular (C.P.C.) y %NH_3, obteniendose curvas de respuestas en cada uno de los niveles.

Por ser un pasto de alta calidad nutritiva era de esperarse que se produjera ensilaje de buena calidad sin la ayuda de aditivos. Sin embargo, se pudo concluir que la especie en estudio se comporta igual que otras gramíneas tropicales, presentando una fermentación de tipo acética, necesitando adiciones de melaza por arriba del 4% para poder obtener una fermentación láctica.

La adición de melaza fomentó la producción de ácido láctico disminuyendo el pH, reduciendo con esto las concentraciones de ácido butírico.

Se definieron dos tipos de ensilajes el de baja calidad correspondiente a los niveles 0 y 2% de melaza, y el de buena calidad conformado por los niveles 4, 6 y 8%.

La etapa de estabilzación se presentó en forma general para todas las variables entre 84 y 112 días, para los tratamientos con 4, 6 y 8%; los tratamientos control y 2% de melaza no lograron estabilizarse en el tiempo de fermentación estudiado (140 días).

LOPEZ O, J. V. 1989. Fermentation kinetics of dwarf elephant grass (*Pennisetun purpureum* Schum)cv Mott silages with different levels of molasses. Thesis Mag. Sc. CATIE Turrialba, C.R. 79 p.

Key words: silage, tropic, dwarf elephant grass cv Mott, molasses, chemical composition, fermentation kinetics.

Fermentation kinetics of dwarf elephant grass (*Pennisetun purpureum* Schum)cv Mott silages with different levels of molasses.

SUMMARY

Forage conservation by natural fermentation or silage, is one of the best alternative for preservation of excess forage production in the tropics, because it is not dependent on weather condition and the forage can be stored with optimum nutritive value.

Dwarf elephant grass cv. Mott has a high nutritive value, when compared to other forages in the tropics. This superiority is related to the absence of reproductive organs, and slow changes in its composition with age.

The objectives of this study were to determine the composition and fermentation kinetics of dwarf elephant grass cv. Mott when different levels of molasses were added to the forage ensiled.

The grass was chopped and ensiled in a glass bottle (approximately 1 kg). It was a 9 weeks regrow, established in Guapiles, Estación Experimental Los Diamantes, representative of a Tropical Rain Forest Life Zone. The

completely randomized block design was used with a 5 x 9 x 3 factorial arrangement where 5 = levels of molasses (0, 2, 4, 6, and 8%): 9 = fermentation periods (0, 4, 7, 14, 28, 56, 84, 112 and 140 days) and 3 = replications.

The variables studied were % dry matter, pH, % lactic acid, % butyric acid, % acetic acid, and % protein, % *In vitro* dry matter digestibility, % cell wall content (NDF) and % NH_3-N.

It was expected that the dwarf elephant grass cv. Mott should produce good quality silage without additives. Nevertheless, the behavior of the grass in this study, indicated similar fermentation patterns as the other tropical grass silage: producing an acetic type fermentation. If should be noted that in order to change the fermentation pattern to produce lactic acid it was necessary to add more than 4% molasses to the ensiled grass.

The addition of molasses increased the lactic acid production, decreased the pH and butyric acid concentration. It was evident two silage groups: one of low quality corresponding to 0 and 2% molasses, and the other of high quality corresponding to 4, 6 and 8% molasses treatments. In these treatments the microsilos stabilized between 84 to 112 days, but the 0 and % molasses treatment did not reach stabilization in the 140 days of this experiment.

LISTA DE FIGURAS

página

Figura 1. Variación en el contenido de materia seca en función del tiempo de fermentación y el nivel de melaza 22

Figura 2. Variación en el pH en fución del tiempo de fermentación y el nivel de melaza 25

Figura 3. Variación en el contenido de ácido láctico en fución del tiempo de fermentación y el nivel de melaza 29

Figura 4. Variación en la digestibilidad *In vitro* de la materia seca en fución del tiempo de fermentación y el nivel de melaza 36

Figura 5. Variación de el contenido de pared celular en función del tiempo de fermentación y el nivel de melaza 39

Figura 6. Variación del contenido de amoníaco con respecto al nitrógeno total 43

Figura 7. Variación en el contenido de proteina cruda en función del tiempo de fermetacióm y porcentaje de melaza 47

Figura 8. Variación del contenido del ácido butírico en función del tiempo de fermentación y porcentaje de melaza 53

Figura 9. Variación en el contenido del ácido acético en función del tiempo de fermentacióm y porcentaje de melaza 57

LISTA DE CUADROS

página

Cuadro 1.A. Medias de tratamientos de lo observado y lo estimado del ensilajes del pasto elefante enano (*pennisetun purpureum* Schum) cv Mott. 71

Cuadro 2.A. Resultados del ANDEVA para contenido de materia seca. 72

Cuadro 3.A. Resultados del ANDEVA para pH. 72

Cuadro 4.A. Resultados del ANDEVA para contenido de ácido láctico. 73

Cuadro 5.A. Resultados del ANDEVA para digestibilidad *In vitro* de la materia seca. 73

Cuadro 6.A. Resultados del ANDEVA para contenido de pared celular. 74

Cuadro 7.A. Resultados del ANDEVA para concentración de nitrógeno amoniacal como componente del nitrógeno total. 74

Cuadro 8.A. Resultados del ANDEVA para contenido de proteína cruda. 75

Cuadro 9.A. Resultados del ANDEVA para concentración de ácido butírico. 75

Cuadro 10.A. Resultados del ANDEVA para concentración de ácido acético. 76

Cuadro 11.A Datos originales de la evaluación nutritiva del ensilaje del pasto elefante enano. (*pennisetun purpureum* Schum) cv Mott. 77

LISTA DE ABREVIATURAS

M.S.%	Porcentaje Materia seca.
P.C.%	Porcentaje Proteína cruda.
DIVMS%	Porcentaje Digestibilidad *in vitro* de la materia seca.
C.P.C%	Porcentaje Contenido de pared celular.
A.L%	Porcentaje Acido láctico.
A.B%	Porcentaje Acido butírico.
A.A%	Porcentaje Acido acético.
N	Porcentaje Nitrógeno.
NH3%-NT	Porcentaje de N amoniacal con respecto al nitrógeno total.
ANDEVA	Porcentaje Análisis de varianza.

1. INTRODUCCION

La producción bovina en el trópico es principalmente a base de forrajes, ya que el alto costo de los concentrados hacen prohibitivo su uso, principalmente en el caso de los pequeños productores, los cuales constituyen el estrato más numeroso en esta área. Por otro lado, las fluctuaciones en la cantidad y calidad de los forrajes durante el año, trae como consecuencia una variación paralela en la producción animal, obligando a los ganaderos a recurrir durante los periodos de menor precipitación a prácticas de manejo tales como: reducción de la carga animal por venta o movilización de los animales, pastoreo diferido, irrigación de pastizales, uso de sub-productos agrícolas y forrajes conservados como heno o ensilaje, (Moreno, 1982).

En cuanto a la conservación de los forrajes, el ensilaje es una alternativa importante, por ser menos dependiente de las condiciones climatológicas, y permitiendo conservar los forrajes en su estado óptimo de crecimiento y valor nutritivo. Sin embargo, es preciso aclarar que tal práctica no debe de considerarse como única, sino como una alternativa que puede ayudar a reducir el efecto detrimental de la época seca y, por lo tanto, debe ir complementada con otras alternativas, como la utilización de leguminosas forrajeras.

En general, los pastos tropicales presentan bajos contenidos de proteína cruda y carbohidratos solubles y un alto contenido de fibra, comparado al de las zonas templadas. Debido a estas características el ensilaje de forrajes tropicales, presenta mayores riesgos por mala fermentación y bajo valor nutritivo.

La utilización de especies forrajeras tropicales de mejor calidad como el pasto elefante enano (*Pennisetum purpureum* Schum) cv Mott, y la utilización de aditivos en la masa forrajera ensilada, pueden hacer que se reduzcan los riesgos de pérdidas en el proceso de ensilado. Sin embargo, en la literatura no se dispone de información sobre la conservación de este forraje como ensilaje.

En base a lo anteriormente expuesto, el objetivo del presente trabajo es el de estudiar el efecto de diferentes niveles de melaza sobre la cinética de fermentación y la calidad del ensilaje del pasto elefante enano (*Pennisetum purpureum* Schum) cv Mott.

Presentandose como hipotesis el hecho que de ser este un pasto de alta calidad nutritiva comparado con otras gramíneas tropicales, es de esperarse que se produzca ensilaje de buena calidad sin o con la adición de niveles bajos de melaza.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Producción y composición del pasto elefante enano.

El pasto elefante es un pasto perenne originario de Rhodesia y de la región Africana comprendida entre las latitudes 10° norte y 20° sur. En su lugar de origen esta especie era pastoreada por los elefantes, de donde se deriva su nombre común. Esta especie fue introducida a los EE.UU en 1913 (Roux, 1961).

El pasto elefante enano cv Mott fué seleccionado a partir de fenotipos de porte alto y bajo, siendo liberado en los EE.UU en 1986, por el **USDA** y la Estación Experimental de Tifton (Georgia) (Hanna citado por Sollenberger, et al. 1988).

Una de las cualidades del pasto elefante enano cv Mott es el ser tolerante a la sequía, asi como el ser capaz de producir nuevos rebrotes a lo largo de la estación seca.(Sollemberger, et al. 1988). Posee entrenudos relativamente cortos que van desde 2.0 a 15.0 cm; además, el número elevado de yemas basales permite a este pasto recuperarse rápidamente después de la defoliación ya sea por pastoreo o corte (Santillán, 1988).

La adaptación de los pastos elefante en general varia desde el nivel del mar hasta 1900 msnm. (Machado, 1979). La siembra debe ser realizada en surcos no muy profundos y los tallos cubiertos con no más de 6.0 cm de suelo o introducido las estacas (tallos fraccionados), en forma inclinada y a una

distancia entre surcos de un metro. No tolera suelos con excesiva humedad y de dificil drenaje (Santillán, 1988).

Uno de los problemas del pasto elefante enano cv Mott es su limitado potencial para la producción de biomasa forrajera cuando se le compara con otros genotipos de la misma especie. Cruz y Wege (1988) indicaron que este pasto obtuvo una producción menor del 40%, con respecto a la obtenida por el King Grass Texas 25 y el Merkeron. Santillán (1988), al utilizar 150 Kg de N repartidos en cuatro fracciones durante la estación lluviosa, obtuvó apenas 28.0 Tn de M.S./año (136 Tn de forraje fresco).

Hanna, citado por Sollenberger (1988) al trabajar con el pasto elefante Mott, a una edad de ocho semanas obtuvo una tercera parte de la producción de materia seca, obtenida con el cv Merkeron, pero el 74% de la biomasa producida fueron hojas, comparado con el 46% que se obtuvo en el cv Merkeron.

Una de las ventajas importantes del pasto elefante enano cv Mott es que posee una alta calidad nutririva. Sollenberger, et al. (1988) evaluaron la respuesta de la calidad forrajera a intervalos de rebrotes de cinco y diez semanas a una altura de corte de 15.0 cm, observando que las hojas representan el 80 y 65% del forraje cosechado respectivamente. El contenido de proteina cruda en las hojas a 5 y 10 semanas de rebrote es de 14 y 13.5%, respectivamente y la digestibilidad In vitro de la materia órganica de los tallos 75 y 71% respectivamente. La proteina cruda y digestibilidad In vitro de la materia órganica para la planta

entera, a ocho semanas de edad fue de 12 y 70%, repectivamente.

Los tallos del pasto elefante enano cv Mott también presentan una alta calidad nutritiva si se compara con la obtenida para los hibridos de porte alto (Boddoff y Ocumpaugh, 1986). La digestibilidad In vitro de materia órganica de los tallos y el contenido de proteina cruda en el pasto elefante enano cv Mott son de 65.8 y 9.2%, mientras que los valores correspondientes para los hibridos de porte alto son de 55.9 y 5.9% respectivamente. La razón para la superioridad del pasto elefante cv Mott ha sido atribuida a la ausencia de tejidos reproductivos y a la alta relación hoja/tallo. Este pasto también mantiene una calidad de forraje alta por un período más largo durante su madurez que la mayoria de las gramíneas tropicales (Sollenberger, et al. 1988).

Bajo condiciones de pastoreo y sin ningún tipo de suplementación, se han obtenido ganancias de peso que oscilan entre 0.6-1.2 kg/animal/dia y hasta 1400 kg de peso vivo/ha/año (Santillán, 1988). Mott, citado por Sollenberger, et al. (1988) encontró que el pasto elefante enano cv Mott era capaz de mantener ganancias de peso en toretes, como promedio durante el año, por encima de los 920 g/dia.

2.2 El proceso del ensilado y sus fases.

Los forrajes tropicales generalmente presentan valores nutritivos inferiores al de los forrajes de clima templado (McDowell, 1972). Sin embargo, el pasto elefante enano cv Mott constituye una excepción por su alto contenido de proteína cruda 12% y materia seca digestible 70%, presentando una alternativa valiosa para la producción de forraje de alta calidad nutritiva en el trópico (Boddorff y Ocumpaugh, 1986).

La producción de forraje en muchas regiones del trópico se caracteriza por fluctuaciones muy marcadas entre el período lluvioso y el período seco, presentándose en este último escasez y baja calidad (Pezo,1981; Moreno, 1982). El ensilado cuyo propósito estriba en conservar el forraje verde colectado durante períodos de abundancia para los de carencia, se perfila como una alternativa prometedora a estos problemas.

El ensilaje es un proceso de conservación de forraje mediante fermentación anaeróbica, donde la intervención de microorganismos presentes naturalmente en el forraje, crean un nivel de acidez dentro del silo, que impide el crecimiento de microorganismos indeseables, minimizando las pérdidas de nutrientes (Barnett, 1954; McDonald,1981)

En el proceso de ensilado se reconoce la existencia de tres fases: respiración, fermentación y estabilización.

2.2.1 Respiración

Desde el momento en que se corta el forraje, se inician las pérdidas por respiración, principalmente de los carbohidratos solubles, de por si muy escasos en los forrajes tropicales. Después de ensilado, las células del forraje continuan vivas, las enzimas continuan actuando y degradando numerosos componentes de la planta por un período de tiempo que depende de la cantidad de oxígeno atrapado en la masa ensilada (Ojeda et al, 1987).

La compactación del silo, para eliminar oxígeno es una práctica común en todas las regiones del mundo. Pero, debido al alto contenido de fibra de los forrajes tropicales, costos del picado del material verde y configuración de los silos, hacen que esta práctica no se realice con suficiente eficiencia (Brown y Heney, 1951).

La presencia del oxígeno ocasiona crecimiento de hongos, con aumento de la temperatura del silo, lo cual puede ocasionar pérdidas de nutrientes como consecuencia de la reacción de Maillard (Van Soest, 1982).

2.2.2 Fermentación

Al agotarse el oxígeno, las células comienzan a morir y a romperse (plasmólisis), haciendo que el contenido celular, rico en nutrientes, se pierda fluyendo hacia la parte inferior del silo (Pezo, 1981).

Dependiendo del contenido de carbohidratos solubles (glucosa, fructuosa, sucrosa) y materia seca, en un silo

pueden ocurrir tres tipos de fermentación: láctica, acética y butírica (Whittenbury, 1967).

La fermentación láctica es la más deseable, y tiende a dominar cuando los niveles de carbohidratos solubles son adecuados para el desarrollo de bacterias homofermentativas, principalmente del géneros *lactobacillus*, *Pediococus* y *Streptococus*. Estos microorganismos tienen su desarrollo máximo entre los 15 y 50 °C y con pH de 3.0-4.0. El sustrato preferido por estas bacterias son las hexosas (glucosa, fructuosa), produciendo ácido láctico como producto final de la fermentación, pero también atacan pentosas, produciendo una mezcla de ácido láctico y acético (McDonald, 1981). También, bacterias heterofermentativas de los generos *lactobacillum* y *Leuconostec* fermentan los carbohidratos solubles, produciendo ácido láctico, pero con formación adicional de CO_2 y alcoholes como etanol y manitol.

El tipo de carbohidratos predominantes en las plantas (glucosa, fructosa, sucrosa y fructosanos) varian de acuerdo con la especie, estadio de crecimiento, contenido de agua y fertilización; asi mismo son variables las proporciones de estos carbohidratos, como por ejemplo la relación fructosa/glucosa (Whittenbury, 1967). Es claro de que los carbohidratos deben econtrarse en suficientes cantidades para asegurar una buena fermentación .

Por otro lado, la concentración de carbohidratos solubles en los forrajes de clima tropical es tres a cuatro veces más bajo que en los de clima templado haciendo

necesario la utilización de aditivos en el proceso del ensilado (Hardy et al., 1986). En tal sentido, la melaza es el aditivo más utilizado en los países tropicales por su distribución amplia y abundancia. Esta tiene de 70-75% de materia seca y un contenido de carbohidratos solubles de 65%, del cual la sacarosa es el componente principal (Thomas, 1978). Además, el uso de este aditivo resulta en un aumento en los contenidos de materia seca y de ácido láctico, reduciendo el pH y la concentración de nitrógeno amoniacal de los ensilajes (Archibald, 1953; McDonald y Purves, 1956; Thomas, 1978; Aguilera, 1979, 1980; Ojeda et al, 1980).

Sin embargo, Catchpoole y Henzell (1971) afirman que algunas especies tropicales producen ensilajes estables sin aditivos, a la vez indican que los factores responsables para la preservación no son conocidos, pero que ciertamente no dependen unicamente de la producción de altas concentraciones de ácido láctico.

La fermentación acética se desarrolla principalmente cuando la temperatura del silo está entre 25 - 35 °C y el pH entre 4.5-5.5, por la acción de bacterias homo y heterolácticas, que actuan sobre las pentosas y ácidos orgánicos del forraje ensilado (Ojeda, 1982) Sin embargo, es difícil determinar si el ácido acético se encuentra en forma libre o combinado con otros compuestos (Barnett, 1954). Las bacterias heterofermentativas producen cantidades apreciables de ácido acético, láctico y CO_2; mientras que las bacterias *gran negativas* son consideradas como una de las principales

productoras de ácido acético (Luis y Ramirez, 1986).

La fermentación acética también puede ser explicada teniendo en cuenta que las bacterias acido-lácticas, ya sean ***homo o heterofermentativas***, utilizan ácidos orgánicos para su desarrollo, produciendo principalmete ácido acético, CO_2 y poco ácido láctico.

Por otro lado, Luis y Ramírez (1985) señalan a las levaduras como las responsables de las altas concentraciones de ácido acético generado a partir de la fermentación del ácido láctico originalmente formado.

Bajo cual vía se produce el alto contenido de ácido acetico en los ensilajes tropicales, es una cuestion que todavía queda por dilucidar; y mucho más difícil aún es determinar la dominancia que pueda ejercer en un momento determinado una fermentación sobre la otra, sobre todo debido a los pocos estudios microbiológicos que se han realizado en los pastos tropicales. El único resultado concreto es que la producción de ácido acético afecta negativamente el consumo de los ensilajes (Ojeda, 1987) y que los forrajes tropicales presentan predominantemente una fermentación de tipo acetica (Catchpoole, 1971; Aguilera, 1979).

La fermentación butírica puede ser producida por bacterias del genero ***Clostridium*** a través de la fermentación de dos moleculas de ácido láctico y aminoácidos del forraje ensilado o de hexosas derivadas de disacaridos en las siguientes reacciones: a) $2C_3H_6O_3 \quad 2H_2+2CO_2 + C_4H_8O_2$ y b) $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \quad {}_2C_6H_{12}O_6 \quad 4H_2 + 4CO_2 + 2C_4H_8O_2$ (Barnett,

1954); entre los 10 a 20 días después de iniciada la conservación (Aguilera, 1975). Temperaturas de 32 a 40 °C, con un pH entre 4.0 y 5.0, favorecen el desarrollo de los *Clostridium*. McDonald (1981) y Whittenbury, et al (1967) indican que el ácido láctico es utilizado por *Clostridium* como fuente de energía y que la proteolisis ocurre por tres vías: a)Deaminación, con producción de amonio y ácido orgánico; b)Decarboxilación, con la formación de aminos y CO_2, c)Reducción, en los cuales los aminoácidos son convertidos a ácido acético o ácidos grasos de cadena ramificada como son el isovalérico y el isobutírico.

Macpherson, citado por Carpintero, et al (1979) manifestan que un pH de 4.0 o menos previene la degradación de la proteina. Igualmente, el mismo autor concluye que el ácido láctico tiene una influencia positiva al evitar pérdidas de la proteina.

Dos factores han sido señalados como inhibidores del crecimiento de *Clostridium*, el contenido de materia seca en el material ensilado y el pH (Barnett, 1954; McDonald, 1981;). En los forrajes tropicales donde el contenido de agua es muy alto (cerca del 80%), el papel del pH es muy importante, pues cuanto más rapido decline el pH, la preservación del ensilaje sera más eficiente, y menor la degradación de nutrientes (Woolford, 1972). Así mismo, el pH esta directamente relacionado con la concentración de ácido láctico, que a su vez depende del contenido de carbohidratos solubles del forraje ensilado.

2.2.3 Estabilización

El principal problema de los ensilajes tropicales radica en la estabilización de la fermentación (Ojeda, 1987). De acuerdo a los conocimientos existentes en ensilajes de zona templada, se consideran dos los factores reponsables de la estabilización fermentativa: a) acumulación de ácido láctico y b) disminución en la actividad del agua o incremento en la presión osmótica. La preservación del material ensilado se hace más eficiente cuando la declinación del pH ocurre más rápidamente. A menor pH, el desarrollo de *Clostridium* es inhibido, evitando asi la degradación de la proteína (Woolford, 1972).

La estabilidad de los ensilajes en el trópico no puede ser explicada solamente por valores de pH; pues se ha visto que depende también del contenido de humedad de la masa ensilada (Pezo, 1981). En este sentido, a mayor contenido de humedad del ensilaje, es necesaria una mayor acidez para lograr la estabilización.

De manera general, un ensilaje de buena calidad presenta alrededor de un 25-30% de materia seca y un pH de 4.2 (Borgioli, 1962; Carpintero, et al. 1969; Thomas, 1978). Estas condiciones son necesarias para inhibir a los microorganismos del tipo *Clostridium*, asegurándose de esta manera una buena fermentación.

Es conocido que el porcentaje de materia seca de los ensilajes es menor que la del forraje verde original en condiciones de alta compactación y drenaje (Lara, 1977). Esto

se debe a los cambios bioquimicos en la fermentación pérdidas aeróbicas y por efluentes, además de pérdidas adicionales por fermentaciones secundarias (Aguilera, 1975).

Pezo y San Martín (datos no publicados) trabajando con pasto King grass sin la aplicación de aditivos indicaron que en los primeros 15 días de la fermentación predominaba el ácido láctico, presentándose seguidamente un dominio del ácido acético, sin lograr obtener una estabilidad, por lo menos hasta el nonagésimo (90) día. Sin embargo, estudios realizados por Aguilera (1975) con *P. purpureum* indican que la declinación del porcentaje de materia seca ocurre hasta los treinta días, lográndose estabilizarse posteriormente en los tratamientos con melaza, pero en el testigo, la estabilización ocurre a los 56 días. Este autor también señala que la concentración del ácido acético podría ser la máxima reponsable de que el pH se haya mantenido dentro de los límites de acidez, necesarios para evitar la putrefacción del producto.

Aguilera (1979) investigando con ensilaje de pangola encontró un aumento fuerte de ácido acético hasta los 60 días, para luego disminuir rápidamente en el tratamiento con 4% de miel, estabilizandose después de 90 días de fermentación. De igual manera, este mismo autor indica que el ácido butirico llegó a su nivel máximo alrededor del sexagésimo día (60), estabilizandose seguidamente. La producción de éste ácido, esta relacionada con el bajo contenido de azúcares, pero las pérdidas proteicas

(proteolisis) que ocurren coincidentemente con el aumento del ácido butírico, sugieren que este ácido proviene principalmente de la hidrólisis de la proteina.

En resumen, las investigaciones realizadas por Aguilera (1979) indican que el incremento en la concentración de azúcares resultante de la adicion de mieles, resulta en el aumento la concentración de los ácidos orgánicos y amonio (NH_4), pero no el patrón de la fermentación.

Ruiz et al (1987) trabajando con pangola ensilada al vacío, observó que la mayor concentración de ácidos orgánicos se obtiene a los 30 días después de ensilado, lo que coincide con el menor pH. En ese momento, represento el ácido láctico el 26,9% de los ácidos orgánicos y el 2.9 % de la materia seca. Además el ácido láctico fue el único que mostró un descenso después de 30 dias de ensilado, llegando a representar a los 90 días el 13.9% de los ácidos, y apenas el 1.2% de la materia seca total. A diferencia de este, los ácidos acético y butírico representaron el 68.9 y el 0.31%, del total de los ácidos orgánicos presentes en el material ensilado.

Ojeda, et al (1980) concuerdan con Aguilera (1979), en que la melaza mostro un efecto beneficioso en la disminución y estabilización del pH. Aunque faltaría definir la asociación que ésta puede tener con la concentración de ácido láctico, pues no se encontraron diferencias significativas entre la adición de 4 y 8% de melaza a la masa ensilada.

3.MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización del estudio.

Este trabajo se realizó en el Laboratorio de Nutrición Animal del Area de Ganadería Tropical del **CATIE**, en Turrialba, Costa Rica.

El pasto elefante enano cv Mott utilizado para la elaboración de los microsilos se obtuvo de una parcela localizada en la Estación Experimental **"Los Diamantes"** del Ministerio de Agricultura y Ganadería en Guápiles, Costa Rica. Esta corresponde a la zona de vida de Bosque Tropical LLuvioso Holdridge, (1982); esta ubicada a una altitud de 250 msnm, precipitación media anual de 4532 mm, una temperatura media anual de 25°C, con suelos del orden inceptisol.

3.2 Manejo del experimento.

El pasto elefante enano cv Mott, fue cortado el 4 de enero de 1989, a una edad de 65 días (nueve semanas) y provenia de parcelas que no habían sido fertilizadas.

En el desarrollo del estudio se utilizó la técnica de microsilos, para lo cual se tomó aproximadamente 800 gramos de forraje picado a 2.0 cm y a ello se le adicionó melaza de acuerdo a los tratamientos establecidos. Los microsilos estuvieron constituidos por frascos de vidrio de boca ancha, con tapa hermética parafina para evitar la entrada de aire. En la tapa se le colocó una válvula de tipo Bunsen en el

centro para facilitar la salida de gases producidos en la fermentación.

3.3 Preparación de muestras para los análisis.

Al momento de abrir los microsilos, el material ensilado fue homogenizado para evitar efecto de ubicación dentro del frasco. Una muestra de aproximadamente 200 gramos del material ensilado, fue exprimida en una prensa de laboratorio y el líquido obtenido fue aforado a 100 ml y separado en dos partes iguales. A una parte se le adicionaron tres gotas de $HgCl_2$ al 0.25% para detener la fermentación y posteriormente determinar pH y de nitrógeno amoniacal. A la otra parte se le detuvo la fermentación adicionandole tres gotas de tolueno para posteriormente análizar la concentración molar de los ácidos láctico, acético, y butírico. por otro lado, muestras de aproximadamente 350 gramos del mismo material fuerón liofilizadas, para la determinación de la materia seca y posteriormente molidas a 1mm, para ser utilizada en los análisis quimicos de las fracciones componentes de esta.

3.3 Descripción de tratamientos y diseño experimental.

Se útilizo un diseño completamente aleatorizado con un arreglo factorial de 5*9*3 que corresponde a cinco niveles de melaza (0, 2, 4, 6, 8%); nueve tiempos de fermentación (0, 4, 7, 14, 28, 56, 84, 112, 140 dias), con tres repeticiones por cada tratamiento.

Cada repetición estuvo constituida, por un microsilo de las caracteristicas descritas en la sección 3.2. El modelo matematico utilizado en el presente experimento fue el siguiente.

$Y_{ijk} = \mu + m_i + s_j + (m*s)_{ijk} + e_{ijk}$.

μ = Media general.

m_i - Efecto fijo del nivel de melaza. (i=1,...,5).

s_j - Efecto fijo del tiempo. (j=1,...,9).

$p_i\ m_j$ - Efecto fijo de la interacción del nivel de melaza por el tiempo de fermentación.

e_{ijk} = Error experimental aleatorio con media cero y varianza σ^2_e. (k=1,...,3).

Para la interpretación de los datos se probaron los siguientes modelos linealizables de regresión: $Y= a+bX$; $Y=a+bX+cX^2$; $Y= a+bX+cX^2+dX^3$; $Y= a+b^{1/x}$; $Y=a+b/x+cX$; $Y= 1/a/x+b$; $Y= 1/a/x^2+b/x+c$; $Y= 1/a+bx$; $Y= e^{a+bx}$; $Y=e^{a+1nx}$; $Y= e^{a+b1nx+cx}$; $Y=a+blnx$; $Y= e^{a+b1/x}$; $Y= e^{a+b1/x+cx}$ contenidos en un paquete estadistico llamado **Palmer**, disponible en el Centro de Computo del **CATIE**; eligiéndose aquellos que presentaron un mejor ajuste entre las variables, niveles de melaza y tiempo de fermentación. De esta manera se pudo definir el efecto del nivel de melaza adicional en cada una de las diferentes variables de respuesta, en función del tiempo, utilizandose el paquete estadistico de S.A.S, (1985) para la realización de los análisis de varianza (ANDEVA) (Sttell y Torrie, 1985).

3.4 Análisis de laboratorio.

3.4.1 Determinación de materia seca liofilizada.

Se utilizó una muestra congelada de 150 gramos, la cual fue recogida al momento de la apertura de los microsilos, y posteriormente liofilizada a una presión de vacio de un bar y un tiempo de 72 horas.

3.4.2 Determinación de materia seca a 100 °C.

Las muestras liofilizadas fueron secadas en el horno a 100 °C, hasta un peso constante.

3.4.3 Determinación del pH.

El pH fue determinado por la lectura directa de un potenciómetro con electrodo de vidrio a*

3.4.4 Determinación del amoníaco.

Se determino a travéz del metódo de destilación de Kjeldahl se utilizando una muestra de 5 a 10 ml de los niveles de melaza. La muestra fue alcalinizada con hidróxido de sodio y destilada por arrastre de vapor, el cual fue recogido en una solución de ácido borico con indicadores (rojo de metilo y azul de metileno). Seguidamente el destilado fue valorado con una solución estandarizada de ácido sulfurico. Los ml de ácido gastados de momento de titular la muestra fueron relacionados con la cantidad de

* Fisher Accument Model 325 pH meter

amoniaco presente en la muestra. Posteriormente se calculo el % de anoniaco en relación al nitrógeno total.

3.4.5 Determinación de proteína cruda.

El nitrógeno se determino por el procedimiento de Micro-Kjeldahl AOAC, (1984).

3.4.6 Determinación del contenido de pared celular.

El contenido de pared celular fue determinado segun el metodo descrito por Joering y Van Soest, (1970).

3.4.7 Digestibilidad In vitro de la materia seca.

La DIVMS fue determinada por el método de Tilley & Terry modificado por Kass y Rodríguez, (1985). El método consiste en dos etapas: digestión de 48 horas con licor ruminal seguido por otra digestión de 24 horas con pepsina (pH=2).

3.4.8 Determinación de los ácidos grasos volatiles.

Se determino a través de cromatografia de gas el contenido de ácidos grasos volatiles utilizando el metódo de Playne, (1985). Se obtuvo una muestra del liquido del ensilaje (de cada tratamiento) de 10 ml, la cual se centrifugo por 15 minutos a 4000 revoluciones por minuto, tomando 5ml del liquido sobrenadante al cual se le adicionó un ml de solución de ácido metafosforico (250 microlitros).

La muestra fue refrigerada a 5 °C para su posterior análisis por cromatografía de gas (Ojeda, et al. 1987).

El cromatografo b[b] contaba con una columna de seis pies de acero inoxidable con un relleno de chromosorb OV - 101 c[c] (80 ml/minuto)., con un detector FID de gas de arrastre de nitrógeno con una temperatura de 200 °C.

3.5 Variables de respuestas.

Las variables medidas en este ensayo fueron: % materia seca (MS), % proteína cruda (PC), % contenido de pared celular (CPC), %digestibilidad *in vitro* de la materia seca,(DIVMS), % de ácidos grasos volatiles con respecto a la materia seca: acético (AA), butírico (AB) y láctico (AL), pH y %nitrógeno amoniacal con respecto a nitrógeno total (NH_3-NT).

---

[b] Perkin Elmer, modelo 8500

[c] Sigma, catalogo, 1989

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Materia seca y pH.

Los criterios más simples para la evaluación de la calidad de los ensilajes son el pH y el contenido de materia seca. Esta relación es muy importante para poder definir el momento en que ocurre la etapa de estabilización del ensilaje (McDonald, 1981; Barnett, 1954).

El contenido de materia seca del pasto elefante enano cv Mott es bastante bajo, 15.93%, el cual se puede observar en el cuadro 1.A. Al realizar el ANDEVA para la variable de materia seca de los tratamientos estudiados se pudo observar que tanto para tiempo de fermentación como porcentaje de melaza, y la interacción entre tiempo de fermentación y porcentaje de melaza, resulto altamente significativa. (cuadro 2.A).

Se presentaron dos tipos de comportamiento, el primero representado por los tratamientos con 0 y 2% de melaza que fueron representados por la ecuación $Y=e^{a+bx}$, notandose que el contenido de materia seca continuó decreciendo durante los 140 días lo que refleja que en dichos tratamientos no se presento la etapa de estabilización, (figura 1).

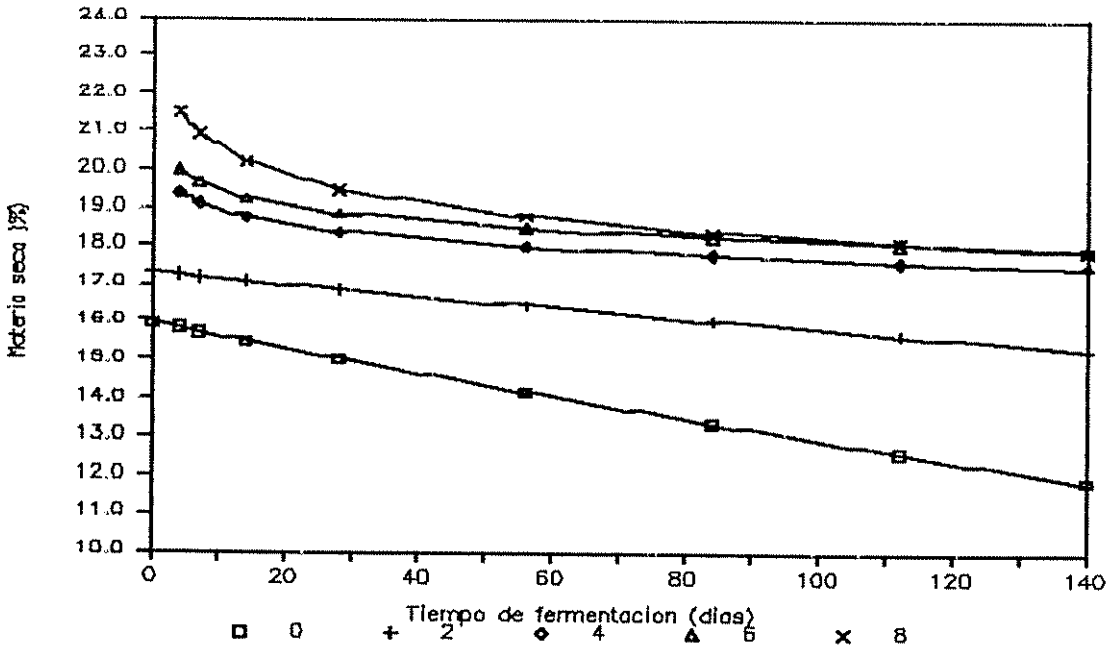

Figura 1. Variación en el contenido de materia seca en función del tiempo de fermentación y el nivel de melaza

% MELAZA	V.R	MODELO	COEFICIENTES			R^2.A.
			a	b	Sb	
0	MSL	Y=ea+bX	2.77	-2.12*10-3	± 2.61*10-4	0.91
2	MSL	Y=ea+bX	2.85	-8.84*10-4	± 2.24*10-4	0.64
4	MSL	Y=a+bLnX	20.19	-0.551	± 9.77*10-2	0.79
6	MSL	Y=a+bLnX	20.81	-0.582	± 6.93*10-2	0.89
8	MSL	Y=a+bLnX	22.93	-1.027	± 0.1026	0.92

V.R = Variable de respuesta.

MSL = Materia seca liofilizada.

Sb = Error estandar de b.

En cambio, en aquellos tratamientos con 4, 6 y 8% de melaza se notó una caída muy marcada del % de materia seca hasta los 28 días, para luego continuar con cambios pequeños hasta los 84 dias, por lo que podria decirse que particularmente los tratamientos con más de 4% de melaza estabilizandose a partir de esta fecha ver (figura 1).

A medida se incrementaron los niveles de melaza, en la masa ensilada el contenido de materia seca fue superior debido al alto contenido de materia seca que esta tiene 70-75% (Thomas, 1978).

El pH es una de las variables de respuesta que juegan un papel muy importante en el desarrollo de un ensilaje de buena calidad, ya que un pH adecuado (por debajo de 4.5) inhibe el crecimiento de microorganismos indeseables (Peñagaricano, et al. S.F).

Al realizar el ANDEVA para el pH se pudo observar que tanto para tiempo de fermentación como porcentaje de melaza, y la interacción entre estos dos factores, resulto altamente significativo (cuadro 3.A).

Los tratamientos con niveles de 0 y 2% de melaza presentaron ajustes muy bajos (R^2 de 0.58 y 0.54, respectivamente), a través del modelo $Y=e^{a+b(1/x)}$ para ambos tratamientos. A pesar que no se presento un ajuste adecuado, se pudo observar que en ambos tratamientos existió una estabilidad muy bien definida a partir de los 28 días, pero

con pH altos como lo son 5.5 y 4.8 para los niveles 0 y 2%, respectivamente (figura 2).

El patron de fermentacion correspondiente a los niveles 4, 6 y 8% de melaza fueron muy similares, presentando una declinación en el pH en los primeros 28 dias, para luego mantenerse más o menos estable hasta los 84 dias, período a partir del cual nuevamente el pH tendio a incrementarse ligeramente (Figura 2). En estos ensilajes se presentaron los niveles mas bajos de pH (menores de 4.5). Los incrementos ligeros observados en el pH después de los 84 dias podria atribuirse a aumentos en la concentración de nitrogeno amoniacal (cuadro 1.A), los cuales se hicieron más evidentes al cabo de los 84 dias de iniciado el proceso de ensilado.

Los niveles de mayor contenido de melaza presentaran los valores más bajos de pH, debido al aumento en los carbohidratos solubles facilmente fermentables de la melaza (Thomas, 1978); que son estos los precursores del ácido láctico responsable de la acidez de los ensilajes (López, 1986). Concentraciones de 1.5% del ácido láctico aseguran un pH por debajo de 4.5 (Peñagaricano, et al. S.F).

En forma general en todos los tratamiento la tendencia fue de presentar un inicio de estabilización a partir de los 28 dias. De igual manera tendieron a disminuir el pH conforme transcurria el tiempo

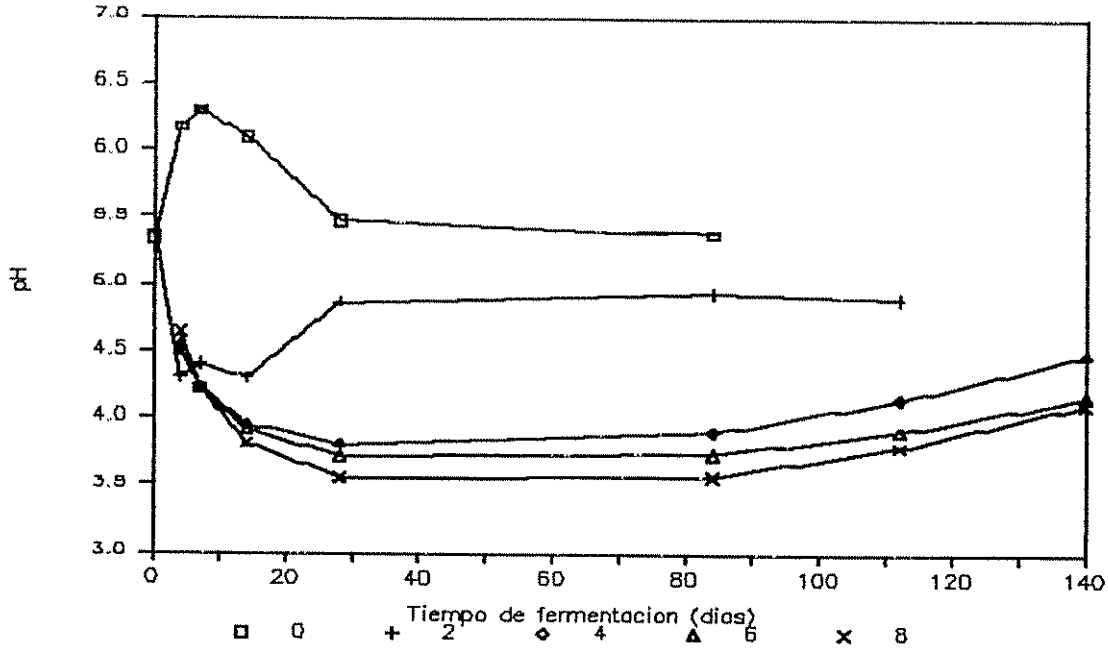

Figura 2. Variación en el pH en fución del tiempo de fermentación y el nivel de melaza.

% MELAZA	V.R	MODELO	COEFICIENTES					R^2.A.
			a	b	Sb	c	Sc	
4	pH	Y=ea+bLnX+cX	1.68	-0.138	± 1.90*10-2	4.19*10-3	± 6.06*10-4	0.88
6	pH	Y=ea+bLnX+cX	1.701	-0.148	± 3.33*10-2	3.77*10-3	± 1.062*10-3	0.73
8	pH	Y=ea+bLnX+cX	1.79	-0.198	± 4.084*10-2	4.97*10-3	± 1.302*10-3	0.76

V.R Variables de respuestas.

Sb Error estandar de b.

Sc Error estandar de c.

Para obtener un ensilaje de buena calidad basado en estos dos parametros es necesario que el material presente al rededor de un 25-30% de materia seca, (Hardy, citado por Luis y Ramirez, 1986[b]) y un pH de 4.2 (Carpintero, et al. 1969). Este último es considerado el limite minimo para inhibir a los microorganismos del genero *clostridium* asegurandose, de esta manera una buena fermentación. Es claro que en todos los tratamientos se lograron niveles de materia seca inferiores al 25% (Figura 1) pero adiciones de melaza iguales o superiores al 4% de melaza permitieron conseguir un pH del ensilaje inferior a 4.2 (Figura 2). Por otro lado, es conocido que el porcentaje de materia seca de los ensilajes disminuye con respecto al forraje verde original en condiciones de alta compactación y drenaje (Lara, 1977). Esto se debe a los cambios bioquimicos en la fermentación (pérdidas anaeróbicas), por efluentes y fermentaciones secundarias, (Aguilera, 1975).

Los resultados de este estudio concuerdan con los de Aguilera. (1975) en que la declinación del porcentaje de materia seca ocurrió marcadamente hasta los 60 dias, ocurriendo cambios menos bruscos posteriormente. En el caso del presente estudio se logro una estabilización con respecto a la materia seca a partir de los 60 dias pero solamente en los niveles con 4,6 y 8% de melaza. Pero en los tratamientos control y 2% de melaza el contenido de materia seca disminuio en forma lineal con el tiempo de fermentación.

Como se puede observar los resultados del presente estudio ver cuadro 1.A de pH y M.S con diferentes niveles de melaza son concordantes con investigaciones de Archibald, (1953); McDonald y Purves, (1956); Murdoch, (1961); levitt, et al. (1962); Carpintero, et al. (1969); Catchpoole y Henzell, (1971) Aguilera, (1975 1979 1980); Moreno, (1977); Thomas, (1978); Ojeda et al, (1980); McDonald, (1981); Castle y Watson, (1985); Esperance, et al. (1985); quienes demostraron que el nivel de pH se reduce y el porcentaje de materia seca aumenta con la adición de melaza. Al incorporar un aditivo con alto contenido de materia seca (la melaza tiene al rededor del 75% de materia seca McDonald (1981).

4.2 Acido láctico

El objetivo de utilizar aditivos que contienen carbohidratos fácilmente fermentables es el promover una fermentación láctica, en aquellos forrajes que tienen niveles limitantes de carbohidratos solubles, como es el caso de las gramíneas tropicales. El ácido láctico es una variable que esta directamente relacionada con el pH.

Al realizar el ANDEVA para la variable de ácido láctico se pudo observar que tanto para tiempo de fermentación como porcentaje de melaza, y la interacción entre el nivel de melaza y tiempo de fermentación fue altamente significativa (cuadro 4.A).

Se pudieron determinar tres tipo de patrones de fermentación (figura 3); el correspondiente a los niveles 0 y 2%, el cual mostró un valor máximo a los 7 días para luego descender a partir de los 28 días; el tratamiento con 4% de melaza que presentó un nivel de fermentación intermedia entre los niveles bajos (0 y 2%) y altos (6 y 8%), obteniendose su mayor concentración a los 14 días, fecha a partir la cual comenzo a disminuir drásticamente hasta los 56 días, donde comenzó la etapa de estabilización; y los tratamientos con los niveles 6 y 8% de melaza que presentaron sus máximas concentraciones a los 28 días, a partir del cual comenzaron a descender en una forma muy marcada, no lograndose estabilización hasta los 140 días, cuando se términó el ensayo.

Se puede decir que en los niveles 6 y 8% se presento una fermentación de tipo láctica, lo que confirma que el contenido de carbohidratos solubles en el pasto elefante enano cv Mott es insuficiente para producir una fermentación aceptable en el silo, a menos que se utilicen niveles altos de melaza como aditivos.

Es importante mencionar el hecho que los niveles 0, 2 y 4% de melaza no se ajustaron a ningun tipo de modelo linealizable, pero sí es de hacer notar que a pesar de esa diferencia todos los tratamientos tendieron a un comportamiento muy similar.

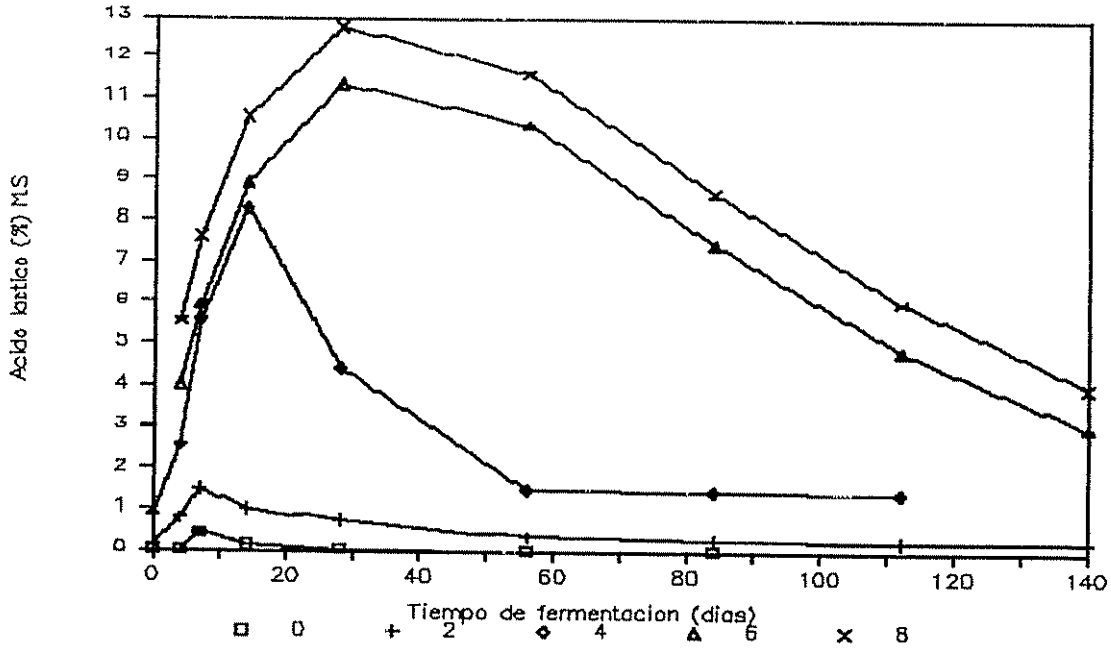

Figura 3. Variación en el contenido de ácido láctico en función del tiempo de fermentación y el nivel de melaza.

% MELAZA	V.R	MODELO	COEFICIENTES					R^2.A
			a	b	S_b	c	S_c	
6	AL	$Y=e^{a+bLnX+cX}$	0.3388	0.828	$\pm 7.93*10^{-2}$	-0.0238	$\pm 2.6*10^{-3}$	0.93
8	AL	$Y=e^{a+bLnX+cX}$	0.857	0.675	$\pm 6.22*10^{-2}$	$-2.002*10^{-2}$	$\pm 2.032*10^{-3}$	0.93

V.R variable de respuesta.

AL ácido láctico.

Sb Error estandar de b.

Sc Error estandar de c.

En forma general todos los tratamientos presentaron sus concentraciones mayores de ácido láctico entre 10 y 30 días a partir del cual a medida que transcurria el tiempo, en esa misma manera disminuian las concentraciones de ácido láctico. Lo cual se puede deber a la disminución de los carbohidratos solubles y a la degradación de este ácido a ácido butírico (Barnett, 1954 ; McDonald, 1981): Lograndose también observar que a medida se incrementaban los niveles de melaza, en esa misma manera se incrementaban las concentraciones de ácido láctico (figura 3).

Los resultados de este estudio concuerdan con los de Carpintero, et al.(1969); Levitt, et al. (1962) y López, (1976) quienes al trabajar con alfalfa, ***Paspalun dilatatum*** y sorgo, respectivamente, observaron incrementos en la concentración de ácido láctico al utilizar melaza como aditivo. Sin embargo, Aguilera (1979) al trabajar con pasto pangola en el trópico no obtuvo una diferencia significativa en la producción de ácido láctico entre el nivel cero de melaza y el nivel 4%. Por lo que suguiere que resulta antieconómica la búsqueda de una fermentación láctica a expensas de adiciones grandes de melaza si el material fermenta adecuadamente.

Mientras que Dominguez y Hardy (1981 y 1988) no encontraron respuesta en la concentración de ácido láctico, cuando utilizaron 2% de melaza como aditivo en ensilajes de

Digitaria decumbens y *Cynodon dactylon*, como fue el caso de este estudio.

Sin embargo, en el presente estudio el utilizar 4% de melaza resulto en una diferencia marcada en la producción de ácido láctico Si se considera que para producir ensilajes de buena calidad se necesita una concentración de ácido láctico de 3-13% en base seca (Catchpoole y Henzell, 1971) el trabajo de Aguilera, (1979) no llego alcanzar dichos rangos. Este ultimo autor al trabajar con ensilajes de pasto bermuda de costa (*Cynodon dactylon*) con 4% y 0% de melaza, encontró que éste último presento mejores concentraciones de ácido láctico que el de 4% (Aguilera, 1980). Por este tipo de comportamiento el pasto bermuda fue denominado "hierba frontera", entre las gramineas de zona templada, las cuales muestran una fermentación predominantemente láctica y las tropicales con predominancia de fermentación acética.

Los resultados del presente estudio concuerdan con los reportados por Aguilera, (1975); Luis y Ramirez (1986[a], 1986[b]) en el hecho de que la fermentación de los pastos tropicales no es de tipo láctica cuando no se utilizan aditivos; pero al adicionar melaza el patrón de fermentación pudo ser modificado (figura 3).

Catchpoole, (1966) trabajando con *Setaria sphacelata* cv **Nandi** no encontró un estimulo marcado hacia la producción de ácido láctico, al utilizar 4% de melaza como aditivo, por lo

ácido láctico, al utilizar 4% de melaza como aditivo, por lo cual considera de que no se deben usar niveles más altos, pero si reconoce que existe una relación lineal directa entre los niveles de melaza y este ácido.

Mas sin embargo, Dominguez y Hardy, (1981) encontraron que un adecuado contenido de la materia seca (al controlar la madurez de la planta), es más importante que la adición de miel para obtener ensilados con buenos patrones fermentativos. De igual manera estos mismos autores en el año (1982) al trabajar con ***P.purpureum* x *P.typhoides*** con una edad de 60 dias señalaron que no es recomendable adicionar melaza al ensilaje de este pasto cuando se cosecha a edades adecuadas. Estos autores concluyeron que a pesar que hay diferencias significativas en las concentraciones de ácido láctico de (0.96; 1.04 y 1.45% en la materia seca en los niveles de melaza 0, 1 y 2% respectivamente) dichos valores fueron ligeramente bajos, lo cual indica que no fue este ácido el que caracterizó la fermentación. Lo cual contrasta con los resultados del presente estudio ya que el pasto con 65 dias necesito de la adición de melaza para poder mejorar las caracteristicas fermentativas de la materia ensilada. Por otro lado, Levitt, et al. (1962); López, (1976); Carpintero, et al. (1969), manifestaron que la adición de melaza condujó a un gran incremento en la producción de ácido láctico sobre el testigo (sin aditivo), lo cual concuerda con este estudio. De igual manera, Ojeda, et al. (1980) al

utilizar 0, 4 y 8% de melaza en ensilaje de Guinea encontro que la producción de ácido láctico se vio favorecida con la adición de melaza.

La diferencia entre estos últimos autores puede ser debido a caracteristicas propias de la especie, como concentración de carbohidratos solubles y a los niveles de melaza utilizado que fueron muy bajos 1 y 2%.

La necesidad de lograr fermentaciones lácticas, aun en ensilajes tropicales, no se basa solamente en que estas son más eficientes desde el punto de vista energético o de la conservación, sino en que las bacterias lácticas poseen propiedades antimicrobianas que inhiben el desarrollo de los *clostridios*, *bacilos*, *estreptococos* y *estafilococos*, lo que contribuye a conservar mejor los forrajes (Lindren y Clevstrom citados por Ojeda, et al. 1987[b]).

4.3 Digestibilidad.

El proceso de ensilado de los forrajes no mejora la calidad nutritiva de los forrajes, por el contrario ocurre una pérdida de nutrientes en la fermentación. En términos generales se puede decir que el valor nutritivo del forraje ensilado es siempre de menor calidad que la del material original (Wilkins, et al.1981; Esperance, et al. 1985).

La digestibilidad de los ensilajes puede variar en función del estado fisiológico de la planta ensilada, de la

ensilado, del lugar de la siembra o cosecha, del tipo de silo y aditivos utilizados.(Demarquilly, 1973).

McCullogh, (1975) indica que la presencia de altos niveles de carbohidratos solubles podria permitir grandes pérdidas de estos sin afectar la digestibilidad.

La digestibilidad de la materia seca del pasto elefante cv Mott antes de ser ensilada fue de 61% (cuadro 1.A).

Al realizar el ANDEVA para la digestibilidad de materia seca In vitro se pudo observar que tanto para el tiempo de fermentación, como porcentaje de melaza y la interacción entre estos dos factores, resultaron altamente significativos (cuadro 5.A).

Al observar las medias de los tratamientos en el cuadro 1.A se puede distinguir que los niveles con 0, 2 y 8% de melaza fueron diferentes entre si, y que en los tratamientos con niveles de 6 y 4% fueron bastante similares pero diferentes de los otros tratamientos.

Todos los tratamientos tendieron a mostrar un mismo patron de fermentación. En los tratamientos con mayor contenido de melaza (4, 6 y 8%) la disminución de la digestibilidad se presento hasta los 56 dias a partir del cual se comenzo a dar inicio a la fase de estabilización.

El nivel de 2% de melaza presento una digestibilidad intermedia entre los niveles 4, 6 y 8% y el tratamiento control en el cual se puede hablar de una etapa de estabilización a partir de los 84 dias. El nivel de cero porciento presento una caida de la digestibilidad muy fuerte hasta los 56 dias, a partir del cual los cambios se siguieron presentando hasta los 112 dias pero en una forma menos notoria que la anterior, mostrandose indicios de "estabilización" a partir de esta fecha (cuadro 1.A y figura 4).

En el nivel de 8% la pérdida de digestibilidad fue de (70.33-63%) un 13%; en cambio en el nivel cero de melaza fue de (61.33-44.67) un 16% (cuadro 1.A). Las pérdidas de digestiblidad en los niveles altos de melaza es atribuida propiamente a la disminución de esta por parte de la melaza que la del pasto lo cual ocurrio principalmente en el tratamiento control. Moreno, (1977) La pérdida de digestibilidad en los niveles 2, 4 y 6% fue de 13.34, 5.0 y 7.34% respectivamente (cuadro 1.A).

Al presentarse la interacción altamente significativa se puede observar que a medida que transcurre el tiempo la digestibilidad de la materia seca <u>in vitro</u> disminuye en todos los tratamientos, pero con la salvedad que esta disminución fue menos marcada a medida se adicionó melaza.

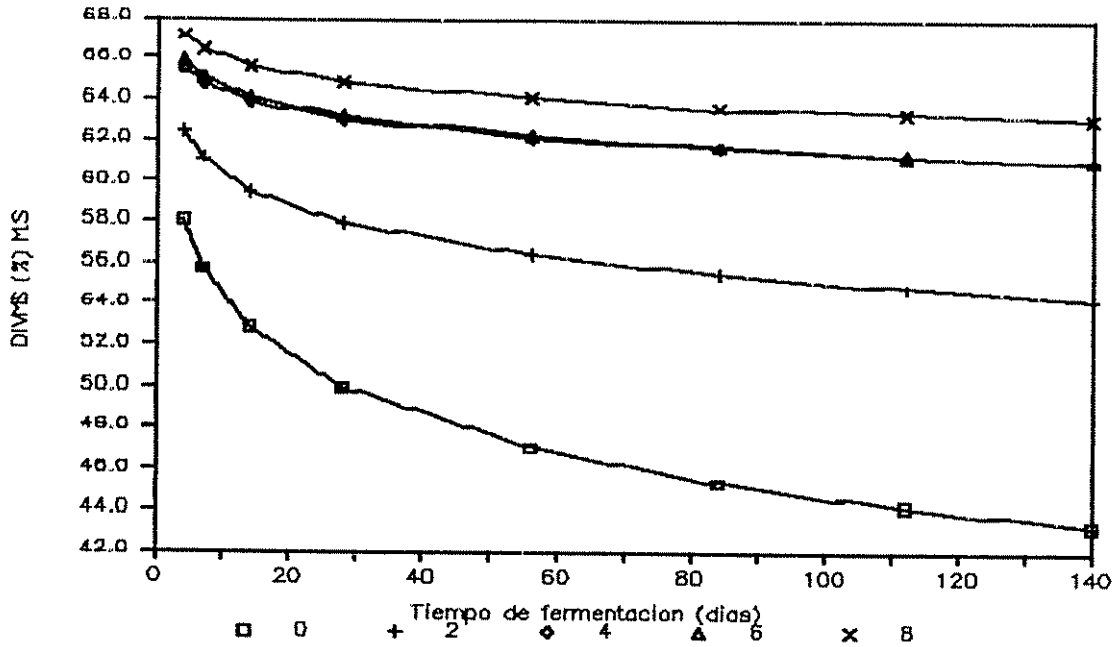

Figura 4. Variación en la de digestibilidad In vitro de la materia seca en función del tiempo de fermentación y el nivel de melaza.

% MELAZA	V.R	MODELO	COEFICIENTES			R^2.A.
			a	b	S_b	
0	DIVMS	Y=a+bLnX	63.90	-4.185	± 0.572	0.90
2	DIVMS	Y=a+bLnX	65.58	-2.282	± 0.353	0.84
4	DIVMS	Y=a+bLnX	67.28	-1.274	± 0.3138	0.66
6	DIVMS	Y=a+bLnX	67.80	-1.378	± 8.680×10^{-2}	0.97
8	DIVMS	$Y=e^{a+bLnX}$	4.23	-0.0172	± 4.85×10^{-3}	0.63

V.R Variable de respuesta.
DIVMS Digestibilidad <u>In vitro</u> de la materia seca.
Sb Error estandar de b.
Sb Error estandar de c.

El factor principal para que la melaza aumente la digestibilidad es por ser totalmente soluble y rápidamente fermentable,(90-95% de digestibilidad) elevando así el promedio de digestibilidad de la materia seca total. La melaza no ocasiona ningún cambio en la digestibilidad propiamente del pasto pero si en toda la masa ensilada (Moreno, 1977)

Estos resultados concuerdan con los manifestados por Murdoch, (1965), quien al utilizar un 9% de melaza en ensilaje de ***Festuca/ timothy***, aumentó la digestibilidad de la materia seca de 77.7 a 83.6%. Al igual Castle y Watson, (1985), observaron un incremento en la digestibilidad al utilizar melaza en silo de ***ryegrass***. Levitt, et al. (1962), al utilizar 4 y 8% de melaza en ***Paspalum Dilatatum*** encontró una diferencia significativa de ($p<0.05$) en la digestibilidad de la materia seca comparado con el tratamiento sin melaza (control).

Por otro lado Ojeda, (1981) concluyó en que el 4% de melaza no mejoro, la digestibilidad significativamente, aunque hay una mejor digestibilidad en el tratamiento que se realizó premarchitamiento.

4.4 Contenido de pared celular.

Las pérdidas elevadas de tipo gaseoso y las por efluentes (carbohidratos solubles, ácidos orgánicos, minerales, nitrógeno soluble) que ocurren en los ensilajes,

resultan en un incremento apreciable en cuanto a la concentración de lignina y otros constituyentes de la pared celular (McDonald, 1981). Con respecto a la digestibilidad de la fibra cruda en los ensilajes, Demarquilly, (1973), determino que esta está relacionada con la del forraje verde. Este efecto es menor en ensilajes hechos de plantas (maduras); en cambio, en ensilaje de plantas jóvenes la concentración de la pared celular se incrementa, conduciendo a una reducción de la digetibilidad de la materia orgánica (McDonald, et al. 1962).

Al realizar el ANDEVA para la variable de contenido de pared celular se pudo observar que tanto para el tiempo de fermentación, como el porcentaje de melaza, resulto altamente significativa pero no asi para la interacción entre estas dos variables .

En el nivel cero se presento el más alto contenido de pared celular. Se observo también una declinación muy marcada de la pared celular hasta los 112 días, a partir del cual se mostro sintomas de estabilización (Figura 5).

Los niveles 2 y 4% de melaza presentaron comportamientos muy similares, disminuyendo en ambos casos, el contenido de pared celular hasta los 56 días, a partir del cual se dio inicio a la fase de estabilización (Figura 5).

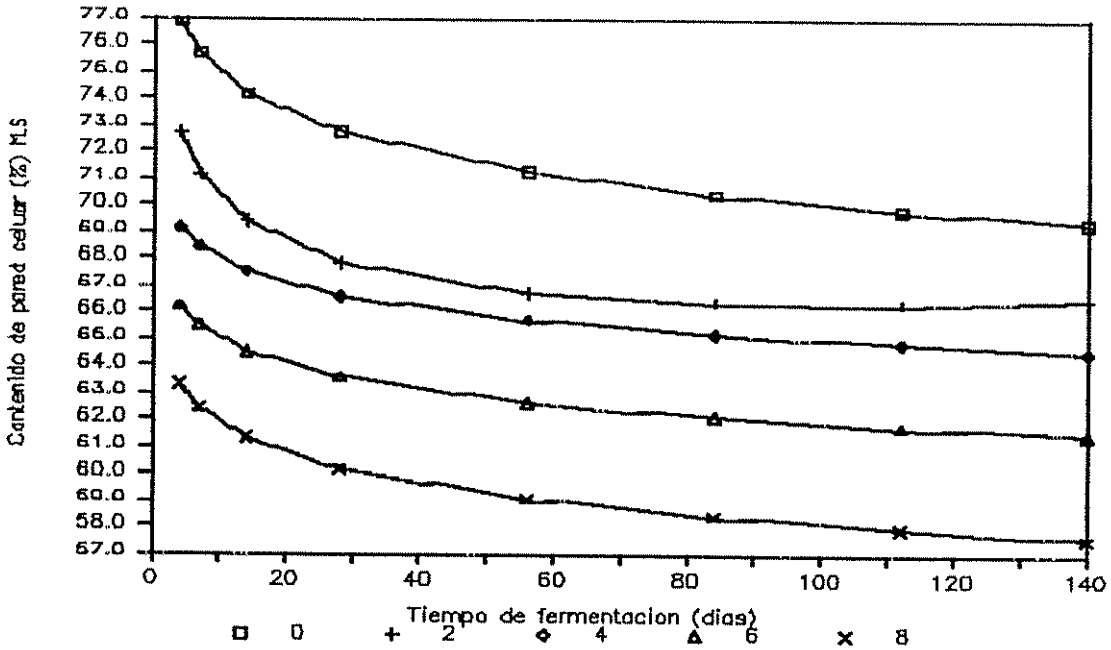

Figura 5. Variación de el contenido de pared celular en función del tiempo de fermentación y el nivel de melaza.

% MELAZA	V.R	MODELO	COEFICIENTES					R^2.A.
			a	b	S_b	c	S_c	
0	CPC	$Y=a+bLnX$	79.74	-2.112	± 0.372			0.84
2	CPC	$Y=e^{a+bLnX+cX}$	4.34	$-4.033*10^{-2}$	$\pm 2.876*10^{-3}$	$4.012*10^{-4}$	$\pm 9.385*10^{-5}$	0.98
4	CPC	$Y=a+bLnX$	70.94	-1.304	± 0.234			0.67
6	CPC	$Y=a+bLnX$	68.08	-1.352	± 0.234			0.80
8	CPC	$Y=a+bLnX$	65.55	-1.617	± 0.296			0.90

V.R Variable de respuesta.
CPC Contenido de pared celular.
Sb Error estandar de b.
Sc Error estandar de c.

En los niveles 6 y 8% de melaza el contenido de pared celular disminuyo en forma marcada hasta los 84 dias, a partir del cual se presento la estabilización con respecto a esta variable (Figura 5).

En forma general se pueden mencionar dos hechos muy notorios que son: uno que a medida transcurria el tiempo en esa misma manera el contenido de pared celuar disminuia, en cada uno de los niveles y dos que a medida se incrementaban los niveles de melaza en esa misma forma disminuia el contenido de pared celular.

El primer caso se puede deber a que la digestibilidad del pasto elefante enano cv Mott es alta, como se discutio en la sección anterior (figura 4), lo cual indica una menor lignificación de la celulosa y hemicelulosa. las pentosas que conforman los polimeros de hemicelulosa puedieran formar parte en la fermentación bacteriana, como fuente enérgetica de los mismos, una vez liberados por la hidrólisis pasiva, debido al efecto de la acidez del medio o a la acción enzimática de las bacterias (Kuhbauch y Kleeberger, citados por Ojeda, et al. (1987b).

En el segundo de los casos (efecto de los niveles de melaza) que a una mayor concentración de melaza se presentara un menor contenido de pared celular, es debido al efecto de dilución provocado por la melaza.

Sin embargo, Aguilera citado por Ojeda (1987b) indicó que el contenido de pared celular tiende a aumentar a medida que pasa el tiempo debido a que se presenta un aumento en la proporción de la pared celular por la degradación del contenido celular. Esto incrementa la solución que es degrada por la fibra detergente acida, pero segun este estudio esto puede estar en función del tipo de pared celular.

El comportamiento de la pared celular que se obtuvo en el experimento; concuerdan con Bailey citado por Ojeda, (1987b) Este autor indico que a pesar de encontrarse un mayor contenido de celulosa en los pastos tropicales, la proporción de celulosa y hemicelulosa en las hojas, resulta inferior lo cual viene a ser punto clave en el presente estudio por la proporción hoja/tallo que es alta (1.83:1 a los 60 dias) debido a los entrenudos que son cortos, datos no publicados (Alagón, et al. 1989.)

4.5 Amoniaco.

Los primeros cambios ocurridos en el contenido de N-NH3 se deben a la presencia de microorganismos entéricos, que son capaces de desaminar y descarboxilar las proteínas y a la acción enzimática vegetal, que se incrementa en presencia de microorganismos (Luis y Ramirez, 1986a).

Al realizar el ANDEVA para la variable de amoniaco, se pudo observar que tanto para el tiempo de fermentación como

el porcentaje de melaza y la interacción entre estos dos factores resulto altamente significativo (cuadro 7.A).

Los niveles 0 y 2% de melaza presentaron los contenidos más altos de NH_3-NT, superiores al 11%, el cual es considerado como limite de un ensilaje de buena calidad (Catchpoole y Henzell, 1971). El nivel de dos porciento se comporto de una manera intermedia entre los niveles 0% y 4, 6 y 8%, (figura 6).

Los niveles 4, 6 y 8% mostraron valores de NH_3-NT mucho más bajos que los dos niveles anteriores, sin llegar en ningun momento a sobrepasar el 11% de NH_3-NT. Es importante mencionar que para ninguno de los niveles de melaza se presento la fase de estabilización en esta variable de estudio., pero que si se pudo observar inicios de poder llegar a esta fase los niveles de 4, 6 y 8%, (figura 6).

El efecto de los niveles de melaza, en forma general, fue la de desminuir las concentraciones de NH_3-NT en la medida que se adiciono melaza.

Al encontrar una interacción altamente significativa entre el tiempo de fermentación y los niveles de melaza, se logro observar que a medida transcurrió el tiempo de fermentación, las concentraciones de NH_3-NT tendieron a aumentar, principalmente en los niveles de 0 y 2% de melaza.

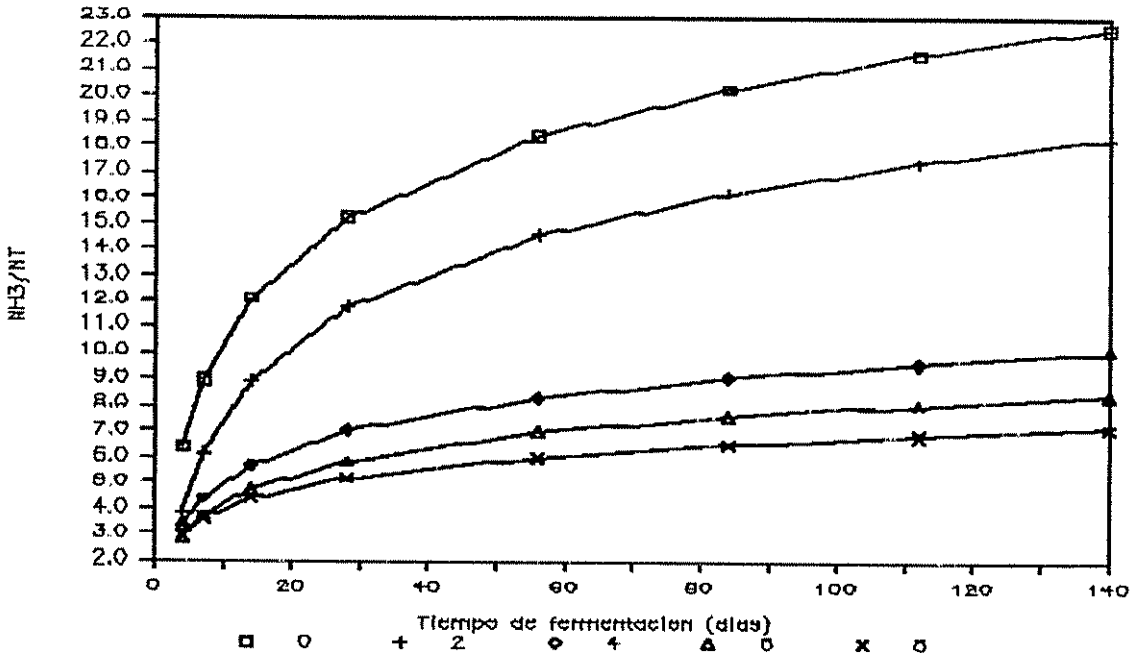

Figura. 6 Variación del contenido de amoníaco con respecto al nitrogeno total en función del tiempo de fermentación y los niveles de melaza.

% MELAZA	V.R	MODELO	COEFICIENTES			R^2.A.
			a	b	S_b	
0	NH_3	Y=a+bLnX	0.1021	4.547	± 0.3923	0.96
2	NH_3	Y=a+bLnX	1.777	4.06	± 0.643	0.83
4	NH_3	Y=a+bLnX	0.7316	1.88	± 0.2685	0.86
6	NH_3	Y=a+bLnX	0.676	1.556.	± 0.3704	0.67
8	NH_3	Y=a+bLnX	1.2768	1.1728	± 0.1974	0.81

V.R Variable de respuesta.
NH_3 Amoníaco.
Sb Error estandar de b.

Lo anterior puede ser explicado por dos factores: el de verse aumentado la concentración de amoniaco a través del tiempo debido a un aumento de la actividad proteolitica y a la respuesta de los niveles de melaza se debe a la alta concentración

de carbohidratos facilmente fermentables que es de un 65%, los cuales son degradados a ácido láctico en una forma rapida lograndose con ello una acidez por debajo de 4.5 que inhibe la áctivida proteolitica viendose con esto disminuido los niveles de NH_3-NT.

El tipo de respuesta que se obtuvo con los niveles de melaza concuerdan con Catchpoole y Henzell, (1971); Ojeda, y Caceres, (1981); Esperance, et al. (1985) y Castle y Watson, (1985).

Catchpoole y Henzell, (1971); Dominguez y Hardy. (1981) manifestaron que la producción de NH3-NT en los ensilajes de pastos trópicales en general es alta. Estoc se pudo observar principalmente en los tratamientos con 0 y 2% de melaza, (figura 6).

El porcentaje de nitrógeno amoniacal en base al nitrógeno total encontrado en ensilajes tropicales indican que la degración de proteina es considerable. Carpintero, et al. (1979) encontro una correlación negativa altamente significativa entre el amonia y el contenido de proteina.

Aguilera, (1975) concluyó que a medida la proteína del ensilaje descendia, en esa misma manera se incrementaba la producción de amoníaco, encontrando una cantidad considerable del amoníaco entre los 30 y 90 días. Ese amoníaco es un producto de la deaminación de los aminoacidos, sobre todo los aminoácidos básicos histidina, lisina y arginina, los cuales son hidrolizables fácilmente durante el proceso del ensilaje, (Devuyst citado por Aguilera, (1975); Thomas y Thomas, 1985).

Los porcentajes de amoníaco en base al nitrogeno total encontrados en los ensilajes de los pastos tropicales generalmente están por encima de 20% (Ventura, 1980) al igual reporta que dosis de melaza de 80kg/ton han dado buenos resultados, observandose una reducción en la relación N-NH3 (reducción en la degradación de las proteinas). Lo cual concuerda con nuestros resultados al utilizar 8% de melaza siendo este el tratamiento donde menor concentración de amoníaco se presentó. Se estima que una dosis de 8^ de melaza no solamente estimula la fermentación láctica sino que disminuye la actividad hídrica del ensilaje que inhibe la actividad de organismos ***clostridicos*** (Carpintero, et al. 1969).

Sin embargo, Dominguez, et al. (1982) trabajando con ***P.purpureum*P.typhoides*** manifestaron que no es recomendable adicionar melaza cuando se realizan ensilajes con este tipo de pasto; aunque si se pudo observar que los niveles de amoníaco producidos fueron menor a medida se adicionaba

melaza. Sin embargo, Carpintero, et al. (1969), al trabajar con alfalfa y al utilizar melaza reportaron contenidos de NH3 de 7.8%, los cuales son menores del 11% recomendado como limite para un ensilaje de buena calidad.

Catchpoole, (1966) demostro que al utilizar niveles de 1, 2 y 4% de melaza redujo las bases volátiles de N, al trabajar con *Setaria*. Igualmente fue observado por Levitt, et al. (1962) al utilizar 4 y 8% de melaza en *Paspalum dilatatum*.

4.6 Proteina cruda.

La pérdida de proteina en los ensilajes es debida principalmente a dos factores: a) la actividad *clostridica*, la cual se ve favorecida por las altas temperaturas y el agotamiento de los azúcares y b) por la actividad de las enzimas proteoliticas de la planta (McDonald, 1981).

Al realizar el ANDEVA para la variable de proteina cruda se pudo observar que tanto para el tiempo de fermentación como porcentaje de melaza y la interacción entre estas dos variables resulto altamente significativa.

En el tratamiento control, con cero por ciento de melaza, la tendencia fue a disminuir el contenido de proteina cruda a medida transcurria el tiempo. En ningun momento hubo indicios de estabilización para esta variable, (figura 7).

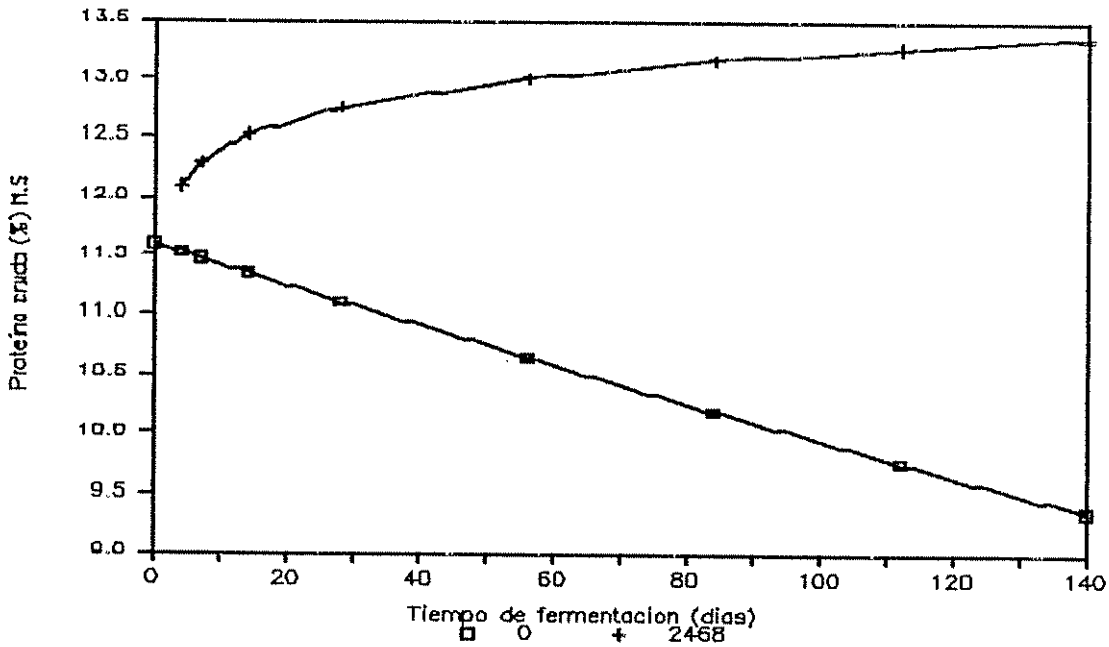

Figura 7. Variación en el contenido de proteina cruda en función del tiempo de fermentación y el nivel de melaza.

% MELAZA	V.R	MODELO	COEFICIENTES			R^2.A.
			a	b	S_b	
0	PC	$Y=e^{a+bX}$	2.451	$-1.54*10^{-3}$	$\pm 3.868*10^{-4}$	0.71
2,4,6,8	PC	Y=a+bLnX	11.6	0.351	$\pm 6.030*10^{-2}$	0.80

V.R Variable de respuesta.

PC Proteina cruda.

Sb Error estandar de b.

Al observar las medias del cuadro 1.A, se puede apreciar que en los tratamientos que se les adiciono melaza las diferencias eran muy pequeñas, mostrando indicios a la estabilización a partir del dia 84 dias de fermentación (figura 7), por lo tanto se decidio correr un solo modelo para los tratamientos con 2, 4, 6 y 8% de melaza. Existio siempre una ligera tendencia a incrementarse el contenido de proteina cruda con el tiempo debido a la degradación que fue objeto la pared celular, (figura 5). Otra causa podria ser el desarrollo de microorganismos con alto contenido de proteinas en la masa corporal.

El efecto de la melaza a conservar o a minimizar las pérdidas de proteina es atribuido a la propiedad de inhibir la proteolisis, a través de poder proporcionar un pH acido adecuado (menor de 4.5) en un menor tiempo.

Como se discutio anteriormente la interacción entre niveles de melaza y tiempo de fermentación resulto altamente significativa, pero con dos patrones de fermentación para esta variable muy diferentes; el primero correspondiente al tratamiento con el nivel de melaza de 0% cuya tendencia fue el de disminuir a través del tiempo y el segundo patron correspondiente a los niveles 2, 4, 6 y 8% de melaza, en los cuales la poteina presento un incremento con repecto al material original ensilado de alrededor del 2%

En el tratamiento control (cero nivel de melaza) se obtuvo una pérdida de proteína de 9.76% a los 84 dias de ensilado (cuadro 1.A), encontrandose este valor en un rango adecuado para ser considerado un ensilaje de buena calidad donde las pérdidas de proteina bruta no deben de sobrepasar el 10% (Bailey, et al. citado por Cisneros, et al. 1985).

Ojeda, et al. (1980) trabajando con Guinea c.v Likoni y utilizando 0, 4 y 8% de miel final y con tiempos de fermentación de 10,20,30,60.90 y 180 dias concluyeron que este aditivo no fue capaz de inhibir adecuadamente la proteolisis encontrandose altas concentraciones de NH3-N.T a lo largo del periodo estudiado, lo cual es contrario a lo observado en el presente estudio donde existe una respuesta positiva a los incrementos de melaza (Cuadro 1.A y figura 7).

4.7 Acido butírico.

La formación de ácido butirico tiene lugar cuando los azucares y ácido láctico son utilizados por *clostridium* como fuente de energía, McDonald, (1981).

Al realizar el Andeva para la variable de ácido butírico se pudo observar que tanto para el tiempo de fermentación como porcentaje de melaza y la interacción entre estas dos variables resulto altamente significativo (cuadro 9.A).

Se pudieron determinar tres patrones de fermentación, el del tratamiento con el nivel cero de melaza que presento un

incremento muy marcado en cuanto a la producción de ácido butírico durante todo el tiempo de fermentación (140 dias), sin llegar a mostrar una tendencia a la estabilización.

El tratamiento con 2% de melaza presento un patron intermedio entre el nivel cero de melaza y los tratanientos con 4,6 y 8% de melaza, al igual que el nivel cero no mostro tendencia a la estabilización.

En los tratamientos con los niveles de 4,6 y 8% de melaza se obtuvieron el mismo tipo de patron de fermentación, o sea una menor producción de ácido butírico a medida se adiciono melaza (figura 8). Los incrementos de ácido butírico fueron pequeños y a los 84 días se dio inicio a la etapa de estabilización. Presentandose un nivel ligeramente mayor solamente en el tratamiento con 4% de melaza. La tendencia general de los niveles de melaza fue a disminuir las concentraciones de ácido butírico, en la medida se incrementaban los niveles de melaza.

La interacción entre el porcentaje de melaza y tiempo de fermentación con respecto a la variable de respuesta del ácido butírico fue altamente significativa, y en la cual se pudo observar que a medida transcurria el tiempo de fermentación en todos los niveles de melaza se presentaba un incremento en el contenido del ácido butírico.

La razon de la respuesta del ácido butírico a la melaza

a través del tiempo de fermentación fue debido a la estabilidad del pH que provoco la melaza. Por lo general las bacterias proteolíticas son sensibles a pH menores de 4 (McDonald, 1981). Si el pH del ensilaje no es estable las bacterias ***closridium*** sacaroliticas, proliferan fermentando ácido láctico y carbohidratos solubles residuales a ácido butírico, causando un incremento al pH; luego las bacterias proteoliticas menos tolerante a la acidez se activan a un mas incrementando el pH 5-7 causado por la producción de amonio. La cantidad de amonio presente es un indicador de la actividad proteolítica.

Los valores de ácido butírico para un ensilaje de buena calidad son alrededor de 0.2% de la M.S (Catchpoole y Henzell. 1971) lo cual, solo fue cumplido por los niveles 6 y 8% principalmente este último (cuadro 1.A y figura 8).

Estos resultados concuerdan con los encontrados por Aguilera, (1979), quien al utilizar 4% de melaza en ensilaje de ***Digitaria decumbens*** **stents**, obtuvo una significativa limitación en la producción de ácido butírico.

Al final podemos concluir que la presencia de ácido butírico es más alta o más frecuente en materiales con bajos contenidos de carbohidratos solubles, ya que que es de estos que va a depender las concentraciones de ácido láctico, los valores del pH limitan o evitan el crecimiento de bacterias del género ***clostridium*** las cuales son las productoras del ácido butírico.

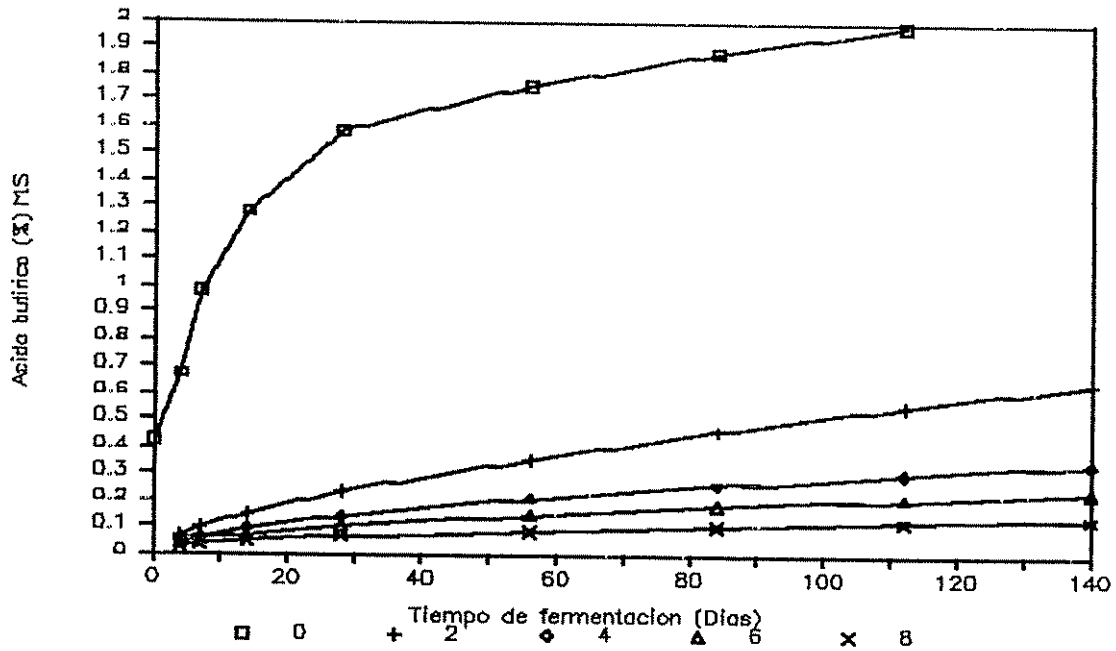

Figura 8. Variación del contenido del ácido butírico en función del tiempo de fermentación y el nivel de melaza.

% MELAZA	V.R	MODELO	COEFICIENTES			R^2.A
			a	b	S_b	
0	AB	Y=a+bLnX	-0.176	0.4353	$\pm 4.99 \times 10^{-2}$	0.92
2	AB	$Y=e^{a+bLnx}$	-3.585	0.633	$\pm 4.620 \times 10^{-2}$	0.96
4	AB	$Y=e^{a+bLnx}$	-3.88	0.5676	$\pm 2.96 \times 10^{-2}$	0.98
6	AB	$Y=e^{a+bLnx}$	-4.02	0.5166	$\pm 2.65 \times 10^{-2}$	0.98
8	AB	$Y=e^{a+bLnx}$	-4.261	0.4464	$\pm 3.54 \times 10^{-2}$	0.95

V.R Variable de respuesta.

AB Acido butírico.

Sb Error estandar de b.

4.8 Acido acético.

Al realizar el ANDEVA para las variables de ácido acético se pudo observar, que tanto para el tiempo de

fermentación, como el por centaje de melaza y la interacción entre estas dos variables resulto altamente significativa, (cuadro 10.A).

El comportamiento de las curvas de respuestas presento tres tipos de patrones: para el nivel cero por ciento de melaza, hubo aumentos muy notorios durante todo el tiempo de fermentación (140 dias), sin haberse podido definir la etapa de estabilización (figura 9); en el nivel de 4% de melaza se observo un aumento de ácido butírico hasta los 28 dias presentandose seguidamente un descenso no tan marcado hasta los 56 dias, como si se observó a partir de esta fecha, sin poder lograrse una etapa de estabilización, con la salvedad que a los 140 dias logro

concentraciones de 1% lo cual es el rango limite para ser considerado como ensilaje de buena calidad (Pezo, 1981). En el nivel de 2% de melaza se presento un incremento hasta los 56 dias, el cual prácticamente no varió entre los 56 y 84 dias, a partir de donde hubo una declinación del ácido muy marcada hasta los 140 dias, sin poderse haber observado una fase de estabilización, (figura 9); las medias de los tratamientos con niveles 2 y 4% de melaza fueron muy similares ver cuadro 1.A presentando de igual manera patrones

de fermentación bastantes similares.

En los niveles de 6 y 8% los patrones de fermentación fueron muy similares hubo un descenso del ácido butírico hasta los 84 días a partir de donde se empezo a observar la fase de estabilización, (figura 9), siendo estos dos tratamientos los unicos donde se presento la fase de estabilización, presentando niveles de ácido acético de 1%. M.S..

La interacción entre el tiempo de fermentación y el % de melaza para la variable de respuesta del ácido acético resulto altamente significativa (cuadro 10.A).

El efecto de los niveles de melaza sobre el ácido acético descrito anteriormente, se puede deber a que dos de las principales vias de formación del ácido acético son la metabolización de los aminoácidos por las bacterias ***clostrídicas*** proteoliticas, y la metabolización de las hexosas por las bacterias heterolacticas (Wittenbury, et al. y McDonald citados por Ojeda, (1987[b]). Dichas actividades se vieron mermadas por la acidificación del medio provocado por la melaza.

Luis y Ramirez, (1985, 1986a, 1986b); Aguilera, (1975); y Ruiz et al. (1987) concuerdan en indicar que la fermentación de los ensilajes trópicales es mas de tipo acética que láctica debido a la presencia de tres tipos de microorganismos: bacterias heterofermentativas, levaduras y

bacterias gram negativas. Estas bacterias durante casi todo el proceso en el material ensilado y son capaces de producir ácido acético por vias diferentes. Algo similar ha sido observado en el presente estudio cuando se utilizó melaza como aditivo, pero con los niveles más altos de melaza (6 y 8%) el patron de fermentación cambio hacia la fermentación láctica.

El ácido acético esta encadenado ó amarrado como un constituyente normal del ensilaje de buena cálidad y muchos órganismos lo producen (Barnett y Duncan citados por Barnett, 1954). Sin embargo, es dificil determinar si el ácido acético esta en forma libre o combinado.

Podemos concluir que el tipo de fermentación que se presenta en los pastos tropicales en general es de tipó acética, pero con la salvedad que con el uso de aditivos se puede modificar el patrón de fermentación puede ser modificado hacia una fermentación con mayor concentración de ácido láctico.

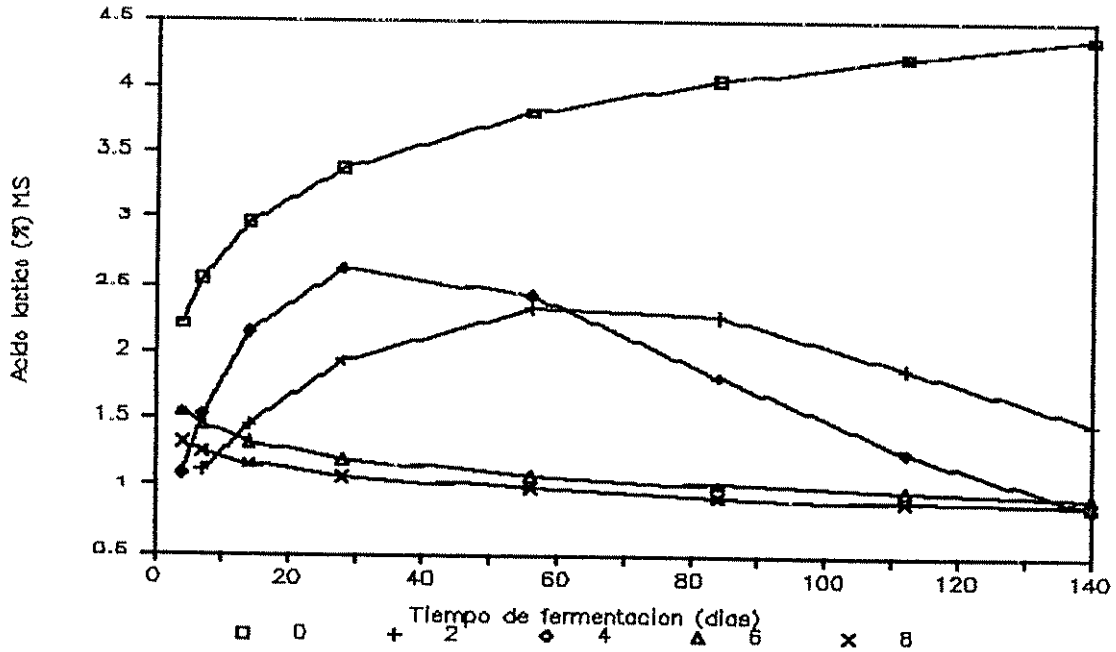

Figura 9. Variación en el contenido del ácido acético en función del tiempo de fermentación y el nivel de melaza.

% MELAZA	V.R	MODELO	COEFICIENTES					R2.A.
			a	b	Sb	c	Sc	
0	AA	Y= a+bLnX	1.37	0.6045	± 7.632*10-2			0.92
2	AA	Y=ea+bLnX+cX	-0.6	0.556	± 0.1543	-0.0146	± 4.69*10-3	0.65
4	AA	Y=ea+bLnX+cX	-0.8	0.7	± 9.99*10-2	-2.022*10-2	± 3.038*10-3	0.88
6	AA	Y= a+bLnX	1.8	- 0.177	± 5.92*10-2			0.57
8	AA	Y= a+bLnX	1.522	-0.1344	± 4.26*10-2			0.60

V.R Variable de respuesta.
AA Acido acetico.
Sb Error estandar de b.
Sc Error estandar de c.

5. CONCLUSIONES

1 El ensilaje del pasto elefante enano (*Pennisetun purpureum* Schum) cv Mott se comportó igual que otras gramíneas tropicales presentando una fermentación de tipo acética la cual puede ser modificada a una fermentación de tipo láctica si se utilizan niveles de melaza por arriba del 4%.

2 La adición de melaza incrementa el contenido de materia seca.

3 El contenido de melaza en los tratamientos fue un factor muy importante en la disminución del pH, pues favorecio la producción de ácido láctico..

4 El uso de la melaza favorecio la digestibilidad del ensilaje del pasto elefanto enano cv Mott. disminuyendo el contenido de pared celular.

5 Los tratamientos con un mayor contenido de melaza presentaron una menor producción de NH_3-NT. Conservando la proteina del material original.

6 Las producciones de ácido butírico fueron menores en la medida se adicionó melaza a los tratamientos.

7 El contenido de ácido acético se vio mermado en la medida que se adicionó melaza, siendo esta disminución más uniforme y márcada en los tratamientos con 6 y 8% de melaza.

8 La etapa de estabilzación se presentó entre los 84 y 112, para los tratamientos con mayor contenido de melaza (4,6 y 8%). Los tratamientos con 0 y 2% no se estabilizaron hasta los 140 días de estudio.

6. RECOMENDACIONES

1 Realizar silos a nivel de campo y con estos efectuar estudios de consumo y respuesta animal, considerando factores económicos.

2 Realizar análisis de carbohidratos solubles en el pasto verde y en los microsilos.

3 Realizar comparaciones entre la calidad nutritiva del pasto elefante enano (*Pennisetun purpureum* Schum) cv Mott ensilado y un sistema de pastoreo diferido, para establecer diferencias entre estos dos métodos de conservación para la época critica.

7. BIBLIOGRAFIA

ALAGON, G; AROSEMENA, E; SANDOVAL, B. 1989. Efecto de la edad sobre la calidad nutritiva del pasto elefante enano Mott (Pennisetun purpureum schum) N-75 bajo condiciones del trópico húmedo. Turrialba, C.R, CATIE, 25 p.

Trabajo presentado en curso de técnicas de laboratorio en producción animal.

AGUILERA, G. R. 1975 Dinámica de la fermentación de ensilaje de hierbas tropicales. 1. Elefante Candelaria (*P. purpureum*) sin aditivos. Revista Cubana de Ciencias Agricolas (Cuba) 9:235-244.

_____, G. R. 1979. Dinámica de la fermentación del ensilaje de pastos tropicales 2. Pangola común (*Digitaria decumbens* Stent) ensilada con y sin 4% de melaza de caña de azucar. Pastos y Forrajes (Cuba) 2(3):489-503.

_____, G. R. 1980. Dinámica de la fermentación de pastos tropicales. 3. Bermuda de costa con y sin adición de 4% miel. Pastos y Forrajes (Cuba) 3(2):309-319.

ARCHIBALD, J. G. 1953. Sugar and acids in grass silage. Journal of Dairy Science (EE.UU) 36:385-390.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS (AOAC). 1984. Official methods of analysis. 14 ed. Ed. by Sidney Williams. Arlington, Va. (EE.UU.) 1141 p.

BARNETT, A. J. C. 1954. Silage fermentation. London, G.B, Academic Press 208 p.

BODDORFF, D.; OCUMPAUGH, W. 1986. Forage quality of pearl millet x Napier grass hibrids and dwarf Napier grass. Soils and Crop Science Society of Florida Procedings. (EEUU) 45: 170-173.

BORGIOLI, E. 1962. Forrajes ensilados In Alimentación del ganado. 3 ed. Trad. del italiano por David Clua Samper. Barcelona, España. Ediciones G E A P. p. 315-344.

BRITT[a], D. G.; HUBER, J. T. 1975. Fungal growth during fermentation and refermentation of non protein nitrogen treated corn silage. Journal of Dairy Science (EE.UU). 58: 1666-1671.

BROWN, W. O.; HENEY, I. H. 1951. The conservation of grassland herbage in lined trench silos. Journal of the British Grassland Society (G.B) 6:91-98.

CARPINTERO, M. C.; HOLDING, A. J.; McDONALD, P. 1969. Fermentation studies on lucerne. Journal of the Science of Food and Agriculture (G.B.) 20(11):677-681.

_____.; HENDERSON, A. R.; McDONALD, P. 1979. The effects of some pre-treatments on proteolysis during the ensiling of herbage. Grass an Forage Science (G.B). 34: 311-315.

CASTLE, M. E.; WATSON, J. N. 1970[a]. Silage and milk production, a comparison between grass silages made with an without formic acid, Journal of the British Grassland Society (G.B) 25:65-70.

_____.; WATSON, J. N. 1970[b]. Silage and milk production, a comparison between wilted and unwilted grass silages made with and without formic acid. Journal of the British Grassland Society (G.B) 25:278-284.

_____.; WATSON, J. N. 1985. Silage and milk production studies with molasses and formic acid as additives for grass silage. Grass and Forage Science (G.B) 40(1):85-92.

CATCHPOOLE, V. R. 1966. Laboratory ensilage of ***Setaria sphacelata*** **(Nandi)** with molasses. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry (A.C.T) 6(20):76-81.

_____.; HENZELL, E. F. 1971. Silage and silage - making from tropical Herbage Abstract (G.B) 41:213-221.

CISNEROS, M.; RODRIGUEZ, H.; PENEDO, J.; ROMERO, O. 1985. Composición quimica y digestibilidad del ensilaje seco de bermuda cruza 1 (*Cynodon dactylon*). Revista de Producción Animal (Cuba) 1(1):35-40.

CRUZ F, H; WEGE, L. 1988. Evaluación agronomica de tres ecotipos de (*Pennisetum purpureum* Schum) en el altiplano de la Esperanza, Honduras. Tegucigalpa, Honduras. S.E. 8 p.

Trabajo presentado en la XXXIV Reunión anual de PCCMCA, del 21 al 26 de marzo, de 1988, San José, C.R.

DEMARQUILLY, C. 1973 Composition chimique, caractéristiques fermentaires, digestibilité et quantité ingérée des ensilages de fourrages: modifications par rapport av fourrage vert initial. Annales de Zootechnie (Francia) 22(1):1-35.

DOMINGUEZ, G. H.; HARDY, C. 1981. Efectos de la edad de corte y niveles de miel final en la calidad del ensilado de Pangola (*Digitaria decumbens*). Revista Cubana de Ciencias Agrícolas (Cuba) 15(3):327-334.

_____.; HARDY, C; AYALA, J. R. 1982. Efectos de la edad de corte y niveles de miel final en la calidad del ensilado de King grass (*P. purpureum x P. typhoides*). Revista Cubana de Ciencias Agricolas (Cuba) 16:89-94.

_____.; HARDY, C. 1988. Efecto de la edad de corte y niveles de miel final en la calidad del ensilado de Bermuda cruzada (*Cynodon dactylon* (L) Pers). Revista Cubana de ciencias Agrícolas 22(3):285-290.

DULPHY, J. P.; DEMARQUILLY, D. 1973 Influence de la machine de recólte et de la finesse de hachage sur valeur alimentaire des ensilages. Annales Zootechiques (Francia) 22(2):199-217.

ESPERANCE, M. 1986. Algunas caracteristicas fermentativas y valor nutritivo de los ensilajes fabricados en la región occidental de Cuba. Pastos y Forrajes (Cuba) 9 (3):271-277.

ESPERANCE, M.; OJEDA, F.; CACERES, O. 1985. Estudio sobre la conservación de la Guinea Likoni ***(Panicum maximun* Jacq)**. como ensilaje. Pastos y Forrajes (Cuba) 8(1):127-140.

GOERING, H. K.; VAN SOEST, P. J. 1972. Análisis de fibra de forrajes Trad. del inglés por D. Pezo. La molina, Universidad Nacional Agraria, Prtograma de forrajes, y Misión agricola de la universidad de Carolina del norte. Boletin No. 10. 41 p.

GREENHILL, W. L. 1964. Plant juices in relation to silage fermentation 1. Journal of the British Grassland Society (G.B) 19(2):231-236.

_____. 1964. Plant juices in relation to silage fermentation 2. Journal of the British Grassland Society (G.B) 19(1):30-37.

_____.; BRADY, C. J. 1965. Losses during storage of low moisture silage. Australian Journal of Eperimental Agriculture and Animal Husbandry (A.C.T.) 5(16):18-22.

HARDY, C. G.; DOMINGUEZ, A.; GUTIERREZ, A. 1986. Conservación de pastos y forrajes. In Los pastos en Cuba producción. 2 ed. La Habana, Cuba, EDICA. Tomo I. p. 607-648.

HARRIS, C. E.; RAYMOND, W. F. 1963 The effect of ensiling on crop digestibility. Journal of the British Grassland Society (G.B) 18(3):204-212.

HOLDRIDGE, L. R. 1982. Ecologia basada en zonas de vida. IICA. C.R. Serie de Libros y Materiales Educativos No. 34. 216 p.

KASS, M. L.; RODRIGUEZ, G. 1989. Manual de evaluación nutricional de pastos y forrajes. Turrrialba, C.R. CATIE. Depto de Producción Animal. 43 p.

LARA, P. E. 1977. Diferentes niveles de melaza y urea en el ensilaje de caña de azucar (*Saccharum Officinarum*, L). Tesis Mag. Sci. Turrialba, C. R. U.C.R.-CATIE. 72 p.

LEVITT, M. S.; TAYLOR, V. J.; HEGARTY, A. 1962. Studies on grass silage from predominantly ***Paspalum dilatatum*** pastures in south eastern Queensland. Queensland Journal of Agricultural Science (A.C.T.) 19(2):153-175.

LOPEZ, J. M.; PRESTON, T. R.; SUTHERLAND, T. M. 1976. El efecto de varios aditivos sobre la producción de ácido láctico en ensilaje de sorgo ***(Sorghun vulgare)*** 1. Producción Animal Tropical (R. Dominicana) 1(3):180-184.

LOPEZ O, J. V. 1986. Evaluación de la alimentación con ensilaje de maiz y concentrado iniciador adicionado con bicarbonato de sodio en becerras Holstein de reemplazo. Tesis Ing Agr. Zootecnista. Monterrey, Méx. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. 56 p.

LUIS, L.; RAMIREZ, M. 1985. Estudio de los principales grupos de miroorganismos presentes en los ensilajes de Pasto Estrella Jamaicano (***Cynodon nlenfuensis***) y su relación con los parámetros bioquimicos. Pastos y Forrajes (Cuba) 8(1):141-155.

_____.; RAMIREZ, M. 1986ª Cinética de los pincipales grupos de microorganismos en un ensilaje de Buffel formidable. Pastos y Forrajes (Cuba) 9(1):71-78.

_____.; RAMIREZ, M. 1986ᵇ. Estudio de los principales grupos de microorganismos presentes en un ensilaje de Guinea SHI-127. Pastos y Forrajes (Cuba) 9(2):147-153.

MACHADO, R.; LAMELA, L.; GERARDO, L. 1979. Hierba elefante (***Pennisetun pupureum*** **Schumach**). Pastos y Forrajes (Cuba) 2(2):157-191.

McCULLOUGH, M. E. 1975. The influence of silage additives on silage losses and feeding value. Georgia Agricultural Research (EE.UU.) 17(2):13-16.

McDONALD, P.; PURVES, D. 1956. Effects of the addition of molasses on the composition and digestibility of field silages. Journal of Food Science and Agriculture (G.B)7:189-196.

_____.; STERLING, A. C.; HENDERSON, A. R.; WHITTENBURY, R. 1962. Fermentation studies on wet herbage. Journal of the Science of Food and Agriculture (G.B) 13(1):581-590.

_____. 1981. The biochemistry of silage. New york, John Willey. 225 p.

McDOWELL, R. E. 1972. Bases biológicas de la producción animal en zonas tropicales. Trad. por Pedro Ducar Maluenda. Zaragoza, España, Acribia. 692 p.

MARSH, R. 1979. The effects of wilting on fermentation in the silo and on the nutritive value of silage. Grass and Forage Science (G B) 34:1-9.

MICHELENA, J. B.; MOLINA, A. 1982. Efecto de diferentes niveles de adición de ácido fórmico en la calidad del ensilaje de Kin grass. *(Pennisetum purpureum x Pennisetum typhoide)*. Revista Cubana de Ciencias Agricolas (Cuba) 21(3):293-298.

MORENO, A. H. 1977 Evaluación de ensilajes de pasto Panamá (*Saccharum sinense*) para la alimentación de vacas de doble propósito. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C. R, U.C.R. -CATIE. 98 p.

MORENO, A. H. 1982. Fundamentos de la conservación de forrajes en los trópicos. Santo Domingo, Republica Dominicana, Secretaria de Estado de Agricultura, Dirección de Ganaderia. 36 p.

MURDOCH, J. C. 1961 A review of silage making techniques. Journal of the British Grassland Society (G.B) 3(2):253-259.

_____. 1964. Some factors affecting the efficient utilization of conserved grass. Journal of the British Grassland Society (G.B) 19(1):130-138.

_____. 1965. The effect of silage made from grass at different stages of maturity on the yield and composition of milk. Journal of Dairy Research (G.B.) 32:219-227.

OADES, J. M.; BROWN, W. O. 1964. A note on silage additives. Journal of the British Grassland Society (G.B) 19 (1):38-41.

OJEDA, F.; FERNANDEZ, R.; CAÑIZARES, F. 1980. Edad de rebrote y nivel de miel sobre los patrones fermentativos de la hierba Guinea cv. Likoni. Pastos y Forrajes (Cuba) 3(3):481-502.

_____.; CACERES, O. 1981. Troceado, adición del 4% de miel y el predesecado sobre el consumo y degistibilidad de la hierba ***Guinea* cv Likini.** Pastos y Forrajes (Cuba) 4(3):373-382.

_____.; VARFOLOMIEV, G. 1982. Efecto de los aditivos quimicos sobre la calidad de los ensilajes de Pangola. Pastos y Forrajes (Cuba) 5(3):359-378.

_____.; CACERES, O. 1982. Efecto del troceado y la adición de 4% de miel sobre el consumo y la digestibilidad del ensilaje de Pangola. ***(Digitaria decumbems* Stent).** Pastos y Forrajes (Cuba) 5(1):87-94.

_____.; VARFOLOMIEV. 1983[b]. Efecto de los aditivos quimicos en la calidad de los ensilajes de hierba ***Guinea* cv Likoni.** Pastos y Forrajes (Cuba) 6(2):263-276.

_____.; VARFOLOMIEV, G. 1983. Efecto de los aditivos quimicos sobre la conservación del King grass. Pastos y Forrajes (Cuba) 6(1):117-133.

_____.; VARFOLOMIEV. 1983[c]. Efecto de los aditivos quimicos sobre los parámetros fermentativos de la bermuda cruzada-1. Pastos y Forrajes (Cuba) 6(3):391-404.

_____.; CACERES, O.; LUIS, L.; ESPERANCE.; SANTANA, H. 1987[a]. Ensilaje de forrajes tropicales. In Symposium International sur la, Alimentation des Ruminants en Milieü Tropical Humide. Institut National de la Recherche Agronomique - INRA, Guadalupe. 19-31. p.

_____.; ESPERANCE, M.; LUIS, L. 1987[b]. Ensilajes de pastos tropicales. Pastos y Forrajes (Cuba) 3:189-198.

PEÑAGARICANO, J. A.; ARIAS, W.; LLANEZA, N. J. S. F. Ensilaje (Manejo y utilización de las reservas forrajeras). Montevideo. Hemisferio Sur. 344 p.

PEZO, D. 1981. Ensilajes de forrajes tropicales. In Producción y utilización de forraje en el trópico; Compendio. CATIE (C.R). Serie Materiales de Enseñanza No 10. p 141-154.

PLAYNE, M. J. 1985. Dterminatión of ethanol, volatile fatty acids, lactic and succinic acids in fermentation liquids by gas chromatography. Journal of the Science of Food and Agriculture (G.B). 36:638-644

ROUX, V. H. 1961. Efectos estacionales, de edad y de fertilización en el crecimiento y aceptación por el ganado del pasto elefante (*Pennisetun purpureum* Schum). Tesis Mag Sci. Turrialba, C.R. IICA. 108 p.

RUIZ, R.; CAIRO, J.; RUBIO, R.; REYES, I. 1982 Valor nutririvo y dinámica de la fermentación de pangola ensilada al vacio. Revista Cubana de Ciencias Agricolas (Cuba) 21:181-188.

SANTILLAN, R. 1988. Caracteristicas del Pasto Zamorano 10 (*pennisetum purpureum* Schum). Tegucigalpa, Honduras, el Zamorano. 3 p. (mimeografiado).

S.A.S INSTITUTE INC. 1986. Sistema de análisis estadisticos versión 5.18. Carolina, EE.UU.

SOLLENBERGER, L. E.; PRINE, G. M.; WOODARD, K. R.; JONES, C. S. 1988. Métodos para el establecimiento de pasto Elefante Enano cultivar "Mott". In Conferencia Internacional sobre Ganaderia en los Trópicos (1988, Gainsville, Fla). (Informe). Gainsville, Centro de Agricultura Tropical de la Universidad de Florida. p. A11-A18.

STEEL, R. G.; TORRIE, J. H. 1985. Bioestadistica principios y procedimientos. 2 ed. Trad. del ingles por Ricardo Martinez B. México, McGraw-Hill, 622 p.

THOMAS, C.; THOMAS, P. C. 1985 Factors affecting the nutritive value of grass silages. Recent Advances of

Animal Nutrition (EE.UU). p 223-256.

THOMAS, J. W. 1978. Preservaties for conserved forage crops. Journal of Animal Science (EE.UU) 47(3):721-735.

VAN SOEST, P. J. 1982. Nutritional ecology of the ruminant. Corvallis, EE.UU, Durhamand and Downey. 374 p.

VENTURA SALGADO, M 1980. La conservación de forrajes en el trópico. In Técnicas modernas de producción animal en el trópico. Simposio (1980, Tegucigalpa, Hond.) Trabajos. Turrialba, C.R. p.118-148.

WHITTENBURY, R.; McDONALD, P.; BRYAN-JONES, D.C. 1967. A short review of some biochemical and microbiological aspects of ensilage. Journal of the Science of Food Agriculture (G.B) 18:441-444.

WILKINS, R. J.; HUTCHINSON, K. J.; WILSON, R. F.; HARRIS, C. E. 1971. The voluntary intake of silage by sheep. 1. Inter- relation ships between silage composition and intake. Journal of Agricultural Science (G.B) 77(3):531-537.

_____. 1981. The nutritive value of silages In Recent developments in ruminant nutrition. Ed. by W, Haresingn; D. J. A Cole. London, ButterWorths. p. 268-282.

WOOLFORD, M. K. 1972. Some aspects of the microbiology and biochemistry of silage making. Herbage Abstracts (G.B) 42:105-111.

ANEXOS

Cuadro 1.A. Medias de tratamientos de lo observado y estimado del ensilaje del pasto Elefante Enano cv Mott.

T.F	MSL		PC		CPC		DIV		PH		NH3		AA		AB		AL	
DIAS	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	O	E	O	E	O	E	O	E	O	E	O	E	O	E	O	E	O	E
0	15.93	15.96	11.27	11.60	78.00	ERR	61.33	ERR	5.33	ERR	0.27	ERR	0.27	2.21	0.02	ERR	0.01	
4	15.77	15.82	11.83	11.53	79.00	76.81	58.67	58.10	6.17	6.45	7.87	6.41	1.98	2.55	0.35	0.43	0.01	
7	15.87	15.72	11.90	11.48	76.00	75.63	59.33	55.76	6.30	6.01	8.67	8.95	2.81	2.97	0.64	0.67	0.42	
14	15.47	15.49	11.17	11.35	75.00	74.17	54.00	52.85	6.10	5.74	10.13	12.10	2.88	3.38	0.77	0.97	0.14	
28	14.90	15.04	10.77	11.11	71.67	72.70	49.33	49.95	5.47	5.60	14.70	15.25	3.52	3.80	1.09	1.27	0.05	
56	13.63	14.17	10.83	10.64	70.67	71.24	45.67	47.05		5.54	17.57	18.41	3.83	4.05	1.64	1.58	0.01	
84	13.63	13.36	10.17	10.19	70.33	70.38	44.67	45.36	5.37	5.52	22.27	20.25	3.92	4.22	2.00	1.75	0.01	
112		12.59		9.76		69.77		44.15		5.51		21.56		4.36		1.88		
140		11.86		9.35		69.30		43.22		5.50		22.57				1.98		
	2%	2%	2%	2,4,6,8	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%
0	17.07	17.29	11.87	ERR	77.33	ERR	64.67	ERR	5.40	ERR	0.37	ERR	0.61	ERR	0.02	ERR	0.15	
4	17.73	17.23	11.87	12.09	72.00	72.65	63.33	62.42	4.30	4.14	5.43	3.85	0.95	1.12	0.08	0.07	0.75	
7	17.97	17.18	12.90	12.28	71.00	71.12	60.67	61.14	4.40	4.48	5.67	6.12	1.93	1.46	0.14	0.10	1.49	
14	17.20	17.08	12.63	12.53	69.67	69.35	60.33	59.56	4.30	4.72	6.33	8.94	1.88	1.94	0.17	0.15	1.00	
28	16.03	16.87	12.93	12.77	68.00	67.82	58.33	57.98	4.87	4.85	7.53	11.75	2.07	2.33	0.19	0.23	0.70	
56	16.10	16.45	12.50	13.01	66.67	66.69	56.33	56.39		4.91	12.50	14.57	2.46	2.27	0.37	0.35	0.32	
84	16.40	16.05	13.55	13.16	67.00	66.35	55.00	55.47	4.93	4.93	15.47	16.21	1.82	1.89	0.46	0.46	0.25	
112	16.17	15.66	13.03	13.26	66.33	66.33	57.67	54.81	4.90	4.95	18.50	17.38	1.51	1.47	0.52	0.55	0.23	
140	15.13	15.28	12.17	13.33	66.33	66.48	51.33	54.30		4.95	23.57	18.29		1.11	0.57	0.63	0.24	
	4%	4%	4%		4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%
0	20.40	ERR	11.57		71.67	ERR	68.33	ERR	5.60	4.51	0.80	ERR	0.58	1.09	0.02	ERR	0.89	
4	19.23	19.43	12.27		68.67	69.13	66.33	65.52	4.30	4.22	4.27	3.34	1.04	1.52	0.04	0.05	2.55	
7	18.87	19.12	12.70		69.00	68.40	64.00	64.81	4.10	3.95	4.57	4.39	1.70	2.15	0.08	0.06	5.56	
14	18.97	18.74	12.83		65.33	67.49	62.00	63.93	3.90	3.81	4.90	5.69	1.92	2.63	0.09	0.09	8.34	
28	18.13	18.35	12.43		66.00	66.59	62.00	63.05	4.00	3.89	6.60	7.00	2.34	2.42	0.13	0.14	4.44	
56	17.90	17.97	13.90		68.00	65.69	62.33	62.16		4.14	6.77	8.30	2.71	1.83	0.16	0.20	1.49	
84	18.13	17.75	13.30		66.00	65.16	63.00	61.65	4.23	4.47	7.57	9.06	1.74	1.27	0.24	0.26	1.47	
112	18.30	17.59	13.37		63.00	64.78	59.67	61.28	4.47	4.88	11.67	9.60	1.19	0.84	0.33	0.30	1.44	
140	16.70	17.47	13.30		65.00	64.49	63.00	61.00	4.80		11.00	10.02			0.37	0.34		
	6%	6%	6%		6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%
0	21.07	ERR	11.97		67.33	ERR	67.67	ERR	5.87	4.53	1.63	ERR	0.73	1.55	0.02	ERR	1.46	ERR
4	19.40	20.00	11.17		66.67	66.21	66.33	65.89	4.23	4.22	3.33	2.83	1.30	1.46	0.04	0.04	3.40	4.02
7	19.80	19.68	13.00		66.33	65.45	64.67	65.12	4.03	3.91	3.80	3.70	1.57	1.33	0.04	0.05	6.60	5.95
14	19.67	19.27	12.37		64.00	64.51	64.00	64.16	3.77	3.72	3.93	4.78	1.60	1.21	0.07	0.07	9.39	8.94
28	18.67	18.87	13.03		63.00	63.57	63.33	63.21	3.90	3.73	4.30	5.86	1.23	1.09	0.09	0.10	10.64	11.38
56	18.40	18.47	13.63		63.67	62.64	62.67	62.25		3.90	4.97	6.94	1.06	1.02	0.12	0.14	11.52	10.37
84	18.23	18.23	13.10		63.00	62.09	61.67	61.69	4.17	4.16	6.13	7.57	0.87	0.96	0.18	0.18	7.92	7.45
112	18.37	18.06	13.50		62.33	61.70	61.67	61.30	4.30	4.47	9.07	8.02	0.99	0.93	0.23	0.21	3.49	4.86
140	17.77	17.93	13.07		59.33	61.40	60.33	60.99	4.17		11.60	8.37			0.27	0.23	3.55	3.00
	8%	8%	8%		8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%
0	23.70	ERR	11.00		63.33	ERR	70.33	ERR	6.57	ERR	1.80	ERR	0.86	1.34	0.02	ERR	2.40	ERR
4	21.10	21.51	11.27		65.67	63.31	65.33	67.10	4.13	4.64	3.13	2.90	1.28	1.26	0.02	0.03	5.34	5.54
7	20.17	20.93	12.03		63.33	62.40	67.33	66.46	4.00	4.22	3.40	3.56	1.22	1.17	0.03	0.03	7.63	7.62
14	20.17	20.22	12.60		60.67	61.28	63.33	65.67	3.73	3.81	4.20	4.37	1.24	1.07	0.04	0.04	10.48	10.57
28	19.40	19.51	13.20		61.00	60.16	64.67	64.89	3.80	3.56	4.20	5.18	1.19	0.98	0.06	0.06	12.74	12.75
56	18.70	18.80	13.30		59.00	59.04	65.33	64.12		3.57	5.03	6.00	1.05	0.93	0.09	0.09	13.77	11.62
84	18.93	18.38	13.67		58.33	58.39	64.33	63.67	4.07	3.78	5.63	6.47	0.69	0.89	0.10	0.11	8.17	8.72
112	18.13	18.08	12.90		58.00	57.92	63.33	63.36	4.11	4.11	8.45	6.81	0.95	0.86	0.13	0.12	4.74	6.05
140	17.90	17.85	13.40		56.33	57.56	63.00	63.12	4.27	4.51	7.80	7.07			0.14	0.13	4.75	4.01

8. ANEXOS

Cuadro 2.A. Resultados del ANDEVA para contenido de materia seca.

Fuente	G.L.	C.M.	F	pr > F
Modelo	42	12.42	34.13	0.0001
Error	84	0.36		
Total	126			
T.F.	8		42.33	0.0001
P.M.	4		268.41	0.0001
T.F.*P.M.	30		2.92	0.0001

Cuadro 3.A. Resultados del ANDEVA para pH.

Fuente	G.L.	C.M.	F	pr > F
Modelo	36	1.92	79.0	0.0001
Error	72	0.024		
Total	108			
T.F.	7		119.75	0.0001
P.M.	4		294.52	0.0001
T.F.*P.M.	25		30.56	0.0001

Cuadro 4.A. Resultados del ANDEVA para contenido de ácido láctico.

Fuente	G.L.	C.M.	F	pr > F
Modelo	41	48.23	669.97	0.0001
Error	79	0.072		
Total	120			
T.F.	8		678.08	0.0001
P.M.	4		4120.89	0.0
T.F.*P.M.	29		188.98	0.0001

Cuadro 5.A. Resultados del ANDEVA para digestibilidad *In vitro* de la materia seca.

Fuente	G.L.	C.M.	F	pr > F
Modelo	42	92.46	34.13	0.0001
Error	84	3.75		
Total	126			
T.F.	8		37.19	0.0001
P.M.	4		160.19	0.0001
T.F.*P.M.	30		4.38	0.0001

Cuadro 6.A. Resultados del ANDEVA para contenido de pared celular.

Fuente	G.L.	C.M.	F	pr > F
Modelo	42	88.16	21.44	0.0001
Error	84	4.11		
Total	126			
T.F.	8		25.99	0.0001
P.M.	4		139.06	0.0001
T.F.*P.M.	30		1.36	0.1405

Cuadro 7.A. Resultados del ANDEVA para concentración de nitrogeno amoniacal como componente del nitrogeno total.

Fuente	G.L.	C.M.	F	pr > F
Modelo	42	90.25	27.47	0.0001
Error	84	3.28		
Total	126			
T.F.	8		71.47	0.0001
P.M.	4		93.74	0.0001
T.F.*P.M.	30		7.64	0.0001

Cuadro 8.A. Resultados del ANDEVA para contenido de Proteína cruda.

Fuente	G.L.	C.M.	F	pr > F
Modelo	42	2.5	5.94	0.0001
Error	76	0.42		
Total	118			
T.F.	8		7.36	0.0001
P.M.	4		16.07	0.0001
T.F.*P.M.	30		3.07	0.0001

Cuadro 9.A. Resultados del ANDEVA para concentración de ácido butírico.

Fuente	G.L.	C.M.	F	pr > F
Modelo	42	0.51	569.46	0.0001
Error	81	0.0009		
Total	123			
T.F.	8		583.25	0.0001
P.M.	4		3258.13	0.0
T.F.*P.M.	30		214.78	0.0001

Cuadro 10.A. Resultados del ANDEVA para concentración de ácido acético.

Fuente	G.L.	C.M.	F	pr > F
Modelo	38	2.177	57.22	0.0001
Error	74	0.038		
Total	112			
T.F.	7		101.28	0.0001
P.M.	4		229.55	0.0001
T.F.*P.M.	27		21.38	0.0001

Cuadro 11.A. Datos originales de la evaluacion nutritiva del ensilaje del pasto Elefante Enano (Pennisetun purpureum Schum) cv Mott.

T.F	P.M	Rep	Msl%	PC%	CPC%	DIV%	pH	NH3%	A.A%	A.B%	A.L%
0	0	1	16,1	12,1	78	61	5,4	0,3	0,28	0,015	0,007
0	0	2	15,7	10,8	77	62	5,3	0,2	0,26	0,020	
0	0	3	16,0	10,9	79	61	5,3	0,3	0,28	0,017	0,006
0	2	1	17,0	11,4	78	65	5,4	0,5	0,65	0,016	0,183
0	2	2	17,1	12,2	78	63	5,3	0,3	0,53	0,021	0,128
0	2	3	17,1	12,0	76	66	5,5	0,3	0,65	0,022	0,134
0	4	1	20,8	11,0	70	70	5,3	0,8	0,54	0,023	0,883
0	4	2	20,4	11,4	72	67	5,7	0,7	0,59	0,020	0,976
0	4	3	20,0	12,3	73	68	5,8	0,9	0,62	0,017	0,799
0	6	1	21,1	12,0	68	66	5,7	2,0	0,65	0,023	1,442
0	6	2	20,5	12,1	65	69	6,2	1,4	0,88	0,020	1,482
0	6	3	21,6	11,8	69	68	5,7	1,5	0,66	0,018	1,468
0	8	1	23,7	11,3	63	71	6,6	1,2	0,90	0,017	2,287
0	8	2	23,1	11,2	65	69	6,6	2,2	0,82		2,582
0	8	3	24,3	10,5	62	71	6,5	2,0	0,87	0,021	2,324
4	0	1	16,2	11,7	80	56	6,2	9,8	2,02	0,330	0,015
4	0	2	15,2	11,5	79	60	6,1	7,7	2,06	0,320	0,018
4	0	3	15,9	12,3	78	60	6,2	6,1	1,87	0,407	0,010
4	2	1	18,1	11,9	72	62	4,3	4,8	0,90	0,071	0,730
4	2	2	17,7	12,3	70	61	4,3	5,2	1,03	0,071	0,759
4	2	3	17,4	11,4	74	67	4,3	6,3	0,92	0,083	0,761
4	4	1	19,0	12,4	71	67	4,3	4,5	1,08	0,035	2,706
4	4	2	19,2	12,8	68	66	4,3	4,9	1,00	0,043	2,469
4	4	3	19,5	11,6	67	66	4,3	3,4	1,05	0,044	2,466
4	6	1	19,2	11,0	64	66	4,3	4,0	1,37	0,034	3,380
4	6	2	19,2	11,2	67	68	4,2	3,0	1,32	0,036	3,501
4	6	3	19,8	11,3	69	65	4,2	3,0	1,22	0,040	3,327
4	8	1	20,4	11,5	67	62	4,1	2,9	1,13	0,025	5,306
4	8	2	20,0	11,0	68	67	4,1	3,0	1,43	0,024	5,165
4	8	3	22,9	11,3	62	67	4,2	3,5	1,27	0,020	5,547
7	0	1	15,4		77	61	6,3	9,0	2,77	0,613	0,307
7	0	2	15,8	11,9	77	56	6,4	8,6	3,08	0,597	0,512
7	0	3	16,4		74	61	6,2	8,4	2,59	0,698	0,445
7	2	1	18,0		72	61	4,3	4,1	1,81	0,140	1,071
7	2	2	17,8		72	61	4,6	7,5	2,01	0,153	1,818
7	2	3	18,1	12,9	69	60	4,3	5,4	1,98	0,133	1,591
7	4	1	19,3	12,7	69	65	4,1	5,0	1,74	0,083	5,338
7	4	2	18,3	12,5	68	63	4,1	4,0	1,74	0,074	5,209
7	4	3	19,0	12,9	70	64	4,1	4,7	1,61	0,079	6,144
7	6	1	19,4	13,3	67	66	4,0	4,4	1,57	0,043	
7	6	2	20,4	12,8	65	63	4,0	2,5	1,58	0,050	6,481
7	6	3	19,6	12,9	67	65	4,1	4,5	1,56	0,041	6,711
7	8	1	19,8	12,5	63	68	4,0	4,6	1,30	0,030	7,752
7	8	2	20,4	12,0	64	65	4,0		1,33	0,029	7,504
7	8	3	20,3	11,6	63	69	4,0	2,2	1,04	0,025	
14	0	1	15,6	10,9	75	56	6,0	9,9	3,00	0,776	0,104
14	0	2	15,7	10,6	74	53	6,1	10,4	2,89	0,785	0,148
14	0	3	15,1	12,0	76	53	6,2	10,1	2,76	0,760	0,172
14	2	1	17,4	13,1	73	64	4,4	5,1	1,79	0,158	0,985
14	2	2	17,0	12,9	69	56	4,2	6,0	1,93	0,167	
14	2	3	17,2	11,9	67	61	4,3	7,9	1,92	0,170	1,021
14	4	1	18,4	12,8	66	60	4,0	5,6	1,98	0,097	8,506

14	4	2	19,0	12,6	66	62	3,7	4,6	1,87	0,089	8,099
14	4	3	19,5	13,1	64	64	4,0	4,5	1,92	0,090	8,412
14	6	1	19,3	12,1	65	64	3,7	4,1	1,43	0,069	9,295
14	6	2	19,7	11,1	61	64	3,9	3,8	1,59	0,074	9,765
14	6	3	20,0		66	64	3,7	3,9	1,78	0,070	9,103
14	8	1	20,2	11,5	60	66	3,7	4,0	1,29	0,040	10,989
14	8	2	20,3	13,1	61	64	3,8	3,8	1,23	0,038	10,035
14	8	3	20,0	13,2	61	60	3,7	4,8	1,20		10,428
28	0	1	14,5	10,6	73	50	5,5	14,2	3,11	1,177	0,053
28	0	2	15,1	10,6	69	49	5,5	14,3	3,48	1,129	0,045
28	0	3	15,1	11,1	73	49	5,4	15,6	3,97	0,955	0,040
28	2	1	16,5	13,1	66	59	4,8	7,0	2,00	0,185	0,792
28	2	2	16,6	12,8	67	58	4,5	7,6	2,04	0,193	0,591
28	2	3	15,0	12,9	71	58	5,3	8,0	2,17	0,200	0,711
28	4	1	18,2	12,2	67	63	4,1	7,8	2,45	0,124	4,621
28	4	2	18,0	12,5	69	63	3,9	6,0	2,45	0,138	4,438
28	4	3	18,2	12,6	62	60	4,0	6,0	2,13	0,140	4,269
28	6	1	19,0	13,2	64	64	3,8	4,1	1,43	0,091	10,274
28	6	2	19,0	13,4	62	63	4,0	4,6	1,15	0,089	10,650
28	6	3	18,0	12,5	63	63	3,9	4,2	1,12	0,094	11,002
28	8	1	19,5	13,4	62	64	3,8	4,5	1,30	0,051	12,404
28	8	2	19,1	13,2	58	65	3,7	4,2	1,12	0,053	12,869
28	8	3	19,6	13,0	63	65	3,9	3,9	1,16	0,067	12,940
56	0	1	14,1	11,0	69	44		17,8	3,93	1,681	0,010
56	0	2	12,9	10,6	72	46		19,6		1,584	0,009
56	0	3	13,9	10,9	71	47		15,3	3,73	1,653	0,012
56	2	1	15,5	10,5	68	54		10,8	2,34	0,329	0,374
56	2	2	16,8		65	58		9,6	2,73	0,387	0,206
56	2	3	16,0	12,8	67	57		17,1	2,30	0,392	0,380
56	4	1	18,1	13,9	68	64		6,5		0,170	1,362
56	4	2	17,3	13,3	69	63		6,0	2,88	0,162	1,592
56	4	3	18,3	14,5	67	60		7,8	2,53	0,157	1,510
56	6	1	18,5	13,6	66	62		5,1	0,93	0,109	11,848
56	6	2	18,4	14,5	61	64		4,7	1,15	0,117	11,425
56	6	3	18,3	12,8	64	62		5,1	1,09	0,121	11,291
56	8	1	18,7	12,9	59	67		4,9	0,89	0,082	13,338
56	8	2	18,4	12,9	58	64		4,8	1,12	0,091	13,149
56	8	3	19,0	14,1	60	65		5,4	1,15	0,087	14,817
84	0	1	13,8	9,9	71	42	5,3	23,7	4,86	1,985	0,008
84	0	2	13,1	10,5	67	47	5,4	23,1	3,46	1,898	0,010
84	0	3	14,0	10,1	73	45	5,4	20,0	3,44	2,103	0,011
84	2	1	16,6	13,6	65	52	5,2	12,5	1,99	0,431	0,277
84	2	2	15,9		68	56	4,9	14,6	1,75	0,458	0,210
84	2	3	16,7	13,5	68	57	4,7	19,3	1,72	0,493	0,249
84	4	1	18,0		67	61	4,5	7,1	1,66	0,229	1,494
84	4	2	18,2	12,3	64	62	4,0	7,9	1,69	0,236	1,511
84	4	3	18,2	13,4	67	66	4,2	7,7	1,88	0,241	1,398
84	6	1	17,9	12,5	67	60	4,1	5,3	0,81		7,390
84	6	2	18,3	13,2	59	63	4,1	6,6	0,96	0,175	8,349
84	6	3	18,5	13,6	63	62	4,3	6,5	0,85	0,180	8,012
84	8	1	19,3	14,7	59	63	4,0	5,1	0,65	0,098	7,766
84	8	2	19,1	13,8	59	64	4,1	5,8	0,64	0,104	8,690
84	8	3	18,4	12,5	57	66	4,1	6,0	0,79	0,111	8,047
112	2	1	15,2	13,4	68	60	4,6	19,0	1,41	0,504	0,269
112	2	2	15,8	13,5	66	57	5,0	17,2	1,35	0,533	0,222
112	2	3	17,5	12,2	65	56	5,1	19,3	1,78	0,517	0,209

112	4	1	17,9	13,1	64	57	4,2	7,9	1,12	0,330	1,313
112	4	2	18,5	13,7	62	62	4,4	11,4	1,18	0,343	1,495
112	4	3	18,5	13,3	63	60	4,8	15,7	1,26	0,317	1,501
112	6	1	18,4	13,6	58	62	4,4	6,2	0,99	0,223	3,284
112	6	2	18,1	13,6	63	62	4,3	7,0		0,237	3,696
112	6	3	18,6	13,3	66	61	4,2	14,0		0,241	3,500
112	8	1	17,2	12,7	58	64	4,2		1,06	0,129	4,858
112	8	2	19,2	13,3	59	61	4,1	8,0	0,87	0,135	4,567
112	8	3	18,0	12,7	57	65	4,0	8,9	0,93	0,122	4,792
140	2	1	14,9	9,9	67	51		30,0		0,544	0,257
140	2	2	15,8	13,1	66	55		17,4		0,575	0,238
140	2	3	14,7	13,5	66	48		23,3		0,589	0,213
140	4	1	16,7	13,3	65	63	4,8	11,0		0,374	
140	6	1	19,6	12,8	58	60	3,9	10,2		0,278	3,924
140	6	2	17,8	13,6	58	61	4,3	11,1		0,262	3,407
140	6	3	15,9	12,8	62	60	4,3	13,5		0,259	3,333
140	8	1	18,3	12,2	55	63	4,3	7,9		0,150	4,504
140	8	2	17,9	13,8	58	64	4,3	6,5		0,138	
140	8	3	17,5	14,2	56	62	4,2	9,0		0,143	4,993