



11062
1
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE
MEXICO

Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán

MANIPULACION DE LA FERMENTACION EN FORRAJES
TROPICALES. PASTO MERKERON (Pennisetum purpureum)

T E S I S

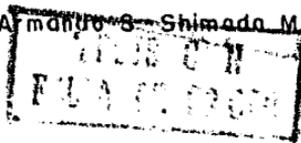
Que para obtener el grado de:
MAESTRO EN CIENCIAS EN EL AREA DE NUTRICION ANIMAL

Presenta

GILBERTO A. ORTIZ ORTIZ

A S E S O R

M.V. Z. MSc. PhD. Armando S. Shimada M.



México. D.F.

1988



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

	Pág.
RESUMEN	
INTRODUCCION	1
REVISION BIBLIOGRAFICA	2
Definición de ensilaje	2
Fermentación en ensilajes de forrajes tropicales	7
Manipulación de la fermentación en forrajes tropicales	8
Digestibilidad de forrajes tropicales	12
Digestión en rumiantes	14
Marcadores para medir la cinética ruminal	18
OBJETIVOS	23
MATERIAL Y METODOS	24
RESULTADOS Y DISCUSION	35
Tratados con aditivos químicos de ensilajes de -- pasto Merkerón	45
CONCLUSIONES	50
BIBLIOGRAFIA	51
APENDICE	59
CUADROS DE RESULTADOS	60
GRAFICAS	72

RESUMEN

Con el objetivo de mejorar la calidad del ensilaje del pasto merkerón (*P. purpureum*) se estudió el efecto de manipular la fermentación por el empleo de tratamientos físico o químicos, considerando como tratamiento físico el marchitado del forraje y como químico el empleo de 5% de melaza o de 5 litros de ácido fórmico por tonelada del material ensilado. El trabajo se realizó en dos experimentos. En el primero se utilizaron microensilajes para medir el efecto de estos métodos en donde los tratamientos fueron arreglados factorialmente $2 \times 2 \times 2$, considerando como factores al tipo de forraje (fresco vs marchito), melaza (0 vs 5%) y ácido fórmico (0 vs 5 litros/tonelada). Las variables de respuesta fueron la materia seca (MS), el pH, el nitrógeno amoniacal (N-NH₃), el ácido láctico, acético, propiónico, butírico y etanol. No se encontró efecto del tipo de forraje sobre la M.S., con respecto al pH, varió más en los ensilajes de forraje fresco (-0.76 vs 0.30), y se produjo además una menor ($P < .05$) cantidad de N-NH₃ (2.99 vs 6.92×10^{-2}) en relación al forraje marchito. La adición de 5% de melaza mostró un efecto positivo ($P < .05$) sobre la producción de ácido láctico en los ensilajes (377 vs 124 g/100 MS) con reducción del acético (0.950 vs 1.259 g/100 MS), no sucedió lo mismo con el ácido fórmico que mostró un efecto ($P < .05$) depresor sobre la producción del ácido láctico (0.060 vs 441 g/100 MS), y promotor del propiónico (238 vs 174 g/100 MS). El forraje fresco interactuó con la melaza para la promoción del ácido láctico (.222 vs .530 g/100 MS) con disminución del N-NH₃, con el ácido fórmico la interacción disminuyó al acético (0.803 vs 2.171 g/100 MS) en relación al forraje marchito respectivamente. En un segundo experimento con ovinos fistulados en rúmen, alojados en jaulas metabólicas y distribuidos en un modelo de cuadrado latino 4×4 , se midió el efecto que los ensilajes con los tratamientos químicos en estudio tienen sobre el consumo de materia seca (C.M.S), digestibilidad aparente de la materia seca (D.A.M.S), patrón de fermentación ruminal (P.F.R) y la cinética de líquidos (C.L) y sólidos (C.S) en el rúmen. Los resultados indican que por efecto de los tratamientos químicos al forraje se incrementó el CMS significativamente (408 vs 200 g/día), el recambio ruminal de sólidos (437 vs 267 g/24 h), así como la DAMS (60.0 vs 40.8%). El PFR de los animales que consumieron ensilaje tratado con melaza -- mostró una mayor concentración molar del ácido propiónico en relación a los otros tratamientos (159 vs 124 mol/ml). Se concluye que la melaza al 5% mejora la calidad y valor nutritivo del ensilaje del pasto merkerón.

I N T R O D U C C I O N

Desde siempre el hombre ha procurado proveerse de alimento, en un principio aprendió a recolectar vegetales y a cazar animales, a medida de sus necesidades aprendió a cultivar los primeros y a domesticar los segundos para beneficio propio. Así nace la agricultura y la ganadería, y a través de los siglos ha logrado mejorarlas para obtener una mayor productividad. En forma colateral ha tenido que idear sistemas de conservación de los excedentes de productos, para utilizarlos posteriormente en épocas de escasez; sin embargo, el problema del hambre sigue latente y es necesario hacer cada día un empleo más racional de los recursos con los que cuenta para hacer frente a este problema.

Entre estos recursos están las zonas tropicales, -- que explotadas científicamente representan sin duda alguna -- las reservas más promisorias del mundo en lo que se refiere a su potencial para la producción agrícola y ganadera. (Leng y Preston, 1976).

El término trópico define el área comprendida entre el trópico de cáncer y de capricornio, y contrario a la creencia popular, no es completamente una región de selvas húmedas, o palmeras situadas sobre playas de blancos corales, sino que es una zona de gran variedad de climas los cuales están dados por diversos factores destacando entre ellos la altitud sobre el nivel del mar, la cual en términos generales varía desde -- cero hasta 1520 metros (Payne, 1970).

En México el 24% de su territorio cuenta con clima tropical, correspondiendo el 13% al trópico húmedo y el 11% -- al trópico seco (SARH, 1980), y en esta área se explota aproximadamente el 41% de la población bovina del país (SARH, 1982).

En los trópicos el ensilaje de pastos no es una práctica común y exceptuando los trabajos de Catchpoole y Williams en Australia (1970), se ha prestado poca atención al problema. En las áreas tropicales de nuestro país como en otras del mundo se cuenta con forrajes susceptibles de ser ensilados como - lo es el caso del género Pennisetum, entre los que se encuentran el zacate Merkerón, (P. purpureum). Debido a que en la mayor parte del trópico existen épocas de sequía que disminuyen la producción del forraje y en forma directa la producción animal, el ensilaje de este forraje es una alternativa, sin embargo, por el momento se desconoce la respuesta de este pasto al proceso del ensilado. Se sabe de la existencia de diversos factores que tienen relación directa sobre la respuesta a dicho proceso y sobre el comportamiento de los animales que deben consumir el producto final.

REVISION BIBLIOGRAFICA

Por definición, ensilaje es el alimento para animales resultante de la preservación anaeróbica de forrajes o residuos forrajeros por acidificación. La definición recalca -- puntos claves como son: "anaerobiosis", lo que excluye la descomposición aeróbica de heces para posteriormente ser empleadas como alimento; "forrajes", con lo que se excluyen los granos que en ocasiones se almacenan en forma húmeda; "acidificación", que implica la síntesis de ácidos orgánicos como parte del proceso y/o la adición de ácidos orgánicos al ensilar (McCullough, 1977).

El ensilado es básicamente un proceso destructivo y no se puede esperar que el producto obtenido tenga un valor nutritivo mayor que el material original, y si el principal propósito del ensilaje es emplearlo como alimento para el ganado, el proceso debe evaluarse en términos de la eficiencia del material preservado como tal (McCullough, 1977).

Existen diversos factores que influyen directamente en el valor nutritivo del ensilaje, mismos que deben ser considerados al seleccionar el forraje que va a ser almacenado. Estos factores están relacionados con el tipo de fermentación, digestibilidad y consumo voluntario del mismo por parte de los animales.

El primer factor a considerarse al momento de seleccionar un forraje para ensilarse es el valor nutritivo del mismo, valor que está proporcionado por las características propias, condiciones de cultivo, contenido de agua y estado fenológico de la planta.

- a) Características propias: Cada especie de planta posee una composición química propia, estrechamente relacionada con factores genéticos.
- b) Condiciones de cultivo: Las condiciones de cultivo afectan la producción en calidad y cantidad para una misma especie.
- c) Contenido de agua: El contenido de agua está inversamente relacionado con el contenido de materia seca y afecta el consumo y digestibilidad de la misma por parte de los animales, y tiene efecto sobre los patrones de fermentación (Minson y McLeod, 1970). Muchos trabajos indican un incremento en el consumo voluntario a medida que se aumenta el contenido de materia seca. (Jackson y -- Forbes, 1970).
- d) Estado de madurez (fenológico): Es un punto -- importante en la utilización del forraje ya que este estado controla la calidad del ensilaje; el

consumo voluntario y la digestibilidad de la materia seca. Todo esto depende del grado de lignificación y de la presencia de carbohidratos solubles. El estado de madurez del forraje a la hora de su cosecha está relacionado con la digestibilidad de la materia seca y la producción de M.S. por hectárea. Cada especie de forraje tendrá un estado óptimo para su cosecha dependiendo de sus características individuales.

Temperatura media ambiente. Algunos estudios indican que los forrajes tropicales presentan una digestibilidad menor si se comparan con los de clima templado, Minson y McLeod (1970) indican una correlación negativa (-.89) entre la digestibilidad de la M.S. y la temperatura media ambiente, de esta forma la temperatura ambiental es el segundo factor de importancia en la producción de ensilajes. La temperatura ambiental puede afectar el curso de la fermentación de los forrajes cuando éstos son ensilados, Wieringa (1958) encontró variaciones en la composición química en ensilajes hechos con el mismo material y mantenidos a diferentes temperaturas. Cuando el forraje se queda cortado en el campo durante las noches tibias, parte de los azúcares fermentables pueden perderse a través de la respiración de la planta, o porque son utilizados por los microorganismos epifitos que bajo estas condiciones incrementan su número (Woolford, 1984).

Fermentación. La finalidad del ensilaje es la preservación del material con una mínima pérdida de nutrientes, lo que se consigue mediante la fermentación anaeróbica que inhibe la actividad de los microorganismos aeróbicos y las enzimas oxidativas vegetales; además se debe frenar la proteólisis anaeróbica producida por clostridios conocida como putrefacción (Wilkinson, Wilson y Barry, 1976), la cual está directamente rela-

cionada con el pH inicial del producto ensilado.

Se conocen cinco factores de suma importancia que afectan la fermentación de un ensilaje (McCullough, 1977) y son los siguientes:

1. Humedad del forraje, que debe ser entre 66 y 72%
2. Contenido de glúcidos solubles en agua entre 6 y 8%
3. Mínima capacidad buffer
4. Población elevada de lactobacilos
5. Compactación y temperatura tales que permitan una rápida explosión microbiana.

Con estas condiciones, cuando un forraje es ensilado, los carbohidratos solubles en condiciones anaeróbicas son fermentados por lactobacilos, produciéndose ácido láctico y otros productos. La producción de ácido provee de un medio con pH bajo (3.8-4.3) que hace del ensilaje un producto estable por mucho tiempo siempre y cuando existan condiciones anaeróbicas.

Existen dos rutas metabólicas principales empleadas por los lactobacilos por medio de las cuales la glucosa es desdoblada para producir ácido láctico. En la primer ruta conocida como fermentación homoláctica, la glucosa es convertida en ácido láctico como metabolito principal; la segunda ruta o fermentación heteroláctica convierte a una mol de glucosa en una mol de ácido láctico, una mol de etanol y CO_2 .

La pérdida de energía se ve incrementada cuando la tasa de fermentación es baja, o la cantidad de ácido láctico producido no es suficiente para prevenir al ensilaje de las fermentaciones producidas por clostridios, además bajo estas condiciones las pérdidas de otros nutrientes puede ser grande.

Cuando la concentración de carbohidratos solubles es baja como sucede en los forrajes jóvenes o aquéllos que normalmente tienen un contenido bajo como es el caso de la alfalfa, - la insuficiente producción de ácido láctico promueve el desarrollo de clostridios, los cuales son los responsables de la conversión del ácido láctico inicialmente producido en ácido butírico, pero su actividad también se extiende hacia la degradación de la proteína y de aminoácidos. A partir de estos últimos por el mecanismo de desaminación se producen amoníaco y ácidos volátiles y por el mecanismo de descarboxilación, aminas -- (putrecinas y cadaverinas) que deprimen el consumo voluntario de los animales. La actividad clostridiana es indeseable desde el punto de vista de los productos finales de su fermentación, la cual está también asociada con grandes pérdidas de la materia seca, comparada con la fermentación láctica.

Un factor importante en el ensilado es la eliminación del aire por compactación; una mala compactación prolonga el -- tiempo requerido para el desarrollo de las bacterias anaeróbicas, la iniciación de la fermentación láctica, agota el aporte de azúcares fermentables e incrementa la capacidad buffer debido a la degradación de las proteínas por clostridios.

Existe una relación alta entre la calidad y el valor nutritivo del ensilaje, de acuerdo con Shimada, Rodríguez y Cuarón (1986), la composición ideal del ensilaje es la siguiente:

pH	3.8 - 4.3
Humedad	65%
Acido láctico	>3%
Acido butírico	<1%
N. Amoniacal	<15% del N. total

Fermentación en ensilajes de forrajes tropicales

Los forrajes tropicales han dado ensilajes aparentemente bien preservados, aunque no del tipo láctico, con altas concentraciones de nitrógeno amoniacal y valores de pH superiores a los encontrados para los ensilajes de especies de clima templado, Hiller et al., (1969) encontró altos niveles de nitrógeno amoniacal y bajos niveles de ácidos orgánicos en ensilajes de Cynodon dactylon, Catchpoole y Henzell (1971) informan que en ensilajes del mismo pasto la concentración de ácidos grasos volátiles fue solamente del 2 al 4% de la materia seca y el valor de pH fue de alrededor de 5, el ensilaje no fue mal preservado y su apariencia era de pasto reposado, sin embargo el nitrógeno amoniacal abarcó el 37% del nitrógeno total. Olubajo (1981) encontró que el pH en ensilajes de pasto Elefante (P. purpureum) fué de 5.26; Awolumate y Olubajo -- (1982), en ensilajes del mismo pasto señalan valores de pH de 4.9, Domínguez, Hardy y Ayala (1982), observaron valores de pH de 4.9 y de 4.1 en ensilajes de pasto King grass (P. purpureum x P. thyphoides) cortado a 40 y 60 días, respectivamente. La concentración de nitrógeno amoniacal fue de 20.63 y 8.79% del nitrógeno total y la concentración de ácido láctico fue de alrededor del 1% de M.S. en algunos casos. Ruiloba, Ruiz y Ruiloba (1980) encontraron que el pH del mismo pasto cosechado a 90 días de edad era de 4.9 con una concentración de ácido láctico de 1.09; Djeda y Varsolomied (1982), para ensilajes de -- pasto Pangola reportan valores de pH de 4.5 y concentraciones de $N-NH_3$ de alrededor del 15% del nitrógeno total.

Aguilera (1975), informa que el pasto Merkerón cortado a 90 días de edad presenta a los 3 meses de haber sido ensilado un valor de pH de 4.5, y encontró que la concentración de ácido acético fue de 12% de la M.S., y al igual que Catchpoole y Williams (1970) concluye que la fermentación y preservación

de los pastos tropicales sin aditivos es fundamentalmente acética.

MANIPULACION DE LA FERMENTACION EN FORRAJES TROPICALES

El conocimiento actual sobre la fermentación de forrajes tropicales indica que al menos son dos los factores limitantes para la obtención de un buen ensilaje, siendo el de mayor importancia la concentración de carbohidratos solubles presentes en la planta, (Van Soest, 1982); pues mientras que en las especies forrajeras de clima templado el contenido varía entre el 13 al 16% de la M.S., lo que asegura una fermentación láctica, no se espera que ésta se produzca en las especies tropicales en donde los valores encontrados para estos azúcares varían entre 2.5-4% de la M.S. (Catchpole y Henzell, 1971). El segundo factor de importancia es el contenido de Materia Seca del forraje (M.S.) ya que está directamente relacionado con la concentración de los carbohidratos solubles. En ensilajes de Cynodon dactylon con 24 y 31% de M.S. Miller, Clifton y Cameron (1963), observaron que la disminución del contenido de humedad en estos últimos fue lo suficientemente fuerte para frenar el crecimiento de Clostridias y como consecuencia disminuyó la concentración de amoníaco. Esto se explica porque al haber una mayor concentración de carbohidratos solubles, hay una rápida producción de ácido láctico con la consecuente caída del pH lo que limita el desarrollo de estos microorganismos. Al respecto Aguilera -- (1975), informa que en ensilajes de P. purpureum hasta los 30 -- días hay una drástica caída del pH y de los carbohidratos solubles, con un incremento del contenido de ácido láctico, a partir de ese momento hay una disminución de este ácido con un incremento de ácido acético, y sugiere que el ácido láctico en -- ensilajes de pastos tropicales se comporta como un intermedio del proceso natural fermentativo. Se piensa que este fenómeno pudiera deberse a la baja concentración de carbohidratos -

solubles que repercute en una pobre concentración de ácido láctico, misma que no es capaz de mantener un pH adecuado y que permite fermentaciones secundarias.

Con el objeto de mejorar la calidad del ensilaje se han realizado trabajos con forrajes de climas templados tendientes a manipular la fermentación mediante el empleo de tratamientos químicos (aditivos) o físicos (marchitado).

ADITIVOS

En los países tropicales exceptuando el empleo de melaza, no se han realizado estudios sobre la conservación de forrajes utilizando aditivos. Esto conlleva a que exista un desconocimiento total de las perspectivas reales que estos tienen para mejorar la calidad de los ensilajes.

La melaza ha sido adicionada a diferentes especies tropicales con el propósito de estimular la producción de ácido láctico, por ejemplo Catchpole (1966) obtuvo ensilajes con valores de pH de 3.8 y concentraciones de ácido láctico de 6% de la M.S. y de 12% de nitrógeno amoniacal cuando ensiló *Setaria sphacelata* con 80 kg de melaza por tonelada, y cita que Vera Cruz (1951), obtuvo valores de pH de 3.96 cuando ensiló *Pennisetum purpureum* impregnado de melaza. Domínguez, Hardy y Ayala (1982), estudiando la calidad del ensilaje de King grass (*Pennisetum purpureum* x *P. thyphoides*) ensilado a los 40 y 60 días de edad y adicionado con 0, 1 y 2% de miel final, encontraron que el ácido láctico no mostró diferencia estadística entre edades de corte, pero sí entre niveles de melaza 0.96^a, 1.04^b, 1.45^c ($P < 0.001$). En general presentaron valores ligeramente bajos, lo que indica que no fue este ácido el que caracterizó la fermentación, además que el valor de pH difirió significativamente entre tratamientos al disminuir su valor con -

la adición de melaza, 4.1, 3.7 y 3.6 respectivamente y encontraron concentraciones de $N-NH_3$ arriba del 11% reportado como el máximo admisible para ensilajes de calidad de pastos templados. Ojeda y Varsolomiev (1982), observaron que el adicionar 2% de melaza al pasto Pangola da ensilajes con pH superiores de 4 y que se reduce la concentración de nitrógeno amoniacal. Por otro lado Ruiloba, Ruiz y Ruiloba (1980) y Tosi et al (1983), indicaron que en P. purpureum la adición de melaza no mejora la calidad del ensilaje, y agregan que estos ensilajes tuvieron niveles mayores de $N-NH_3$ y de pH comparados con ensilajes de maíz y sugieren que no se emplee la melaza cuando se ensilen estos pastos.

El ácido fórmico es un aditivo que se ha empleado para controlar las fermentaciones en forrajes de clima templado, principalmente en aquellos que poseen contenidos de M.S. de entre el 20-25%. (Van Soest, 1982). Los efectos benéficos que sobre el ensilaje tiene la adición de este ácido son los siguientes: disminución inmediata del pH y de la temperatura de la masa ensilada por inhibición de la respiración de las plantas, (Wilson y Wilkins, 1973, Hingston y Christensen, 1982) incremento del contenido del ácido láctico con disminución de la degradación de las proteínas (Waldo et al., 1969), y un aumento del consumo voluntario y ganancia diaria de peso. Waldo, Keys y Gordin, 1973), aunque Hingston y Christensen (1982) reportan que la adición de ácido fórmico en ensilajes de cereales no incrementó el consumo voluntario en relación al ensilaje testigo.

Al momento existe muy poca información sobre la adición de este ácido para preservar forrajes tropicales en forma de ensilaje, salvo lo informado por Ojeda et al (1982) quienes lo emplearon en dosis de 3.3 kg/tonelada en ensilaje de pasto Pangola (Digitaria decumbens) adicionado de melaza al 0.1 y 2%. Los resultados encontrados fueron los siguientes: la adición de ácido fórmico no mostró efecto sobre la producción de ácido bu-

tífico en el ensilaje sin miel, sin embargo cuando se combinó - con 2% de melaza promovió fermentaciones butíricas. Las concentraciones de ácido láctico se favorecieron en el ensilaje control con la adición del fórmico, más no sucedió así en los ensilajes con melaza. En general los tres ensilajes mostraron ser - del tipo acético y los valores de pH fueron superiores de 4. El ácido fórmico fue capaz de frenar la proteólisis en todos los -- tratamientos, por inhibición de los Clostridios, más no fue capaz de inhibir el desarrollo de bacterias heterolácticas por lo que los ensilajes fueron conservados en ácido acético, concluyendo que el ácido fórmico presenta un buen potencial para mejorar la calidad del ensilaje de pasto Pangola.

MARCHITADO DE FORRAJE

El marchitado del forraje se hace con el fin de eliminar parte del agua del material a ensilar, aumentar el contenido de M.S. a niveles del 30% con la consiguiente concentración de - los carbohidratos solubles que aseguran una buena fermentación - láctica (McDonald y Whittemburg, 1967). Con especies forrajeras de clima templado se ha podido demostrar que cuando son sometidos a un proceso de desecación antes de ser ensilados sufren una fermentación más limitada de sus hidratos de carbono, y el ensilado resultante posee menos ácidos orgánicos en su sustancia seca, un mayor consumo voluntario de ésta, aunque no siempre se ve mejorada la producción animal. (Tayler, 1970, Van Soest, 1982).

Jackson y Forbes (1970) encontraron que el consumo de un ensilaje de este tipo con 35% de M.S. fue superior en un 52% al de un ensilaje con 19% de M.S. y el efecto fue atribuido al - bajo contenido de ácido acético en el silo marchito, 1.66 vs -- 6.04% de la M.S. Este proceso puede ser muy útil o de ningún va - lor dependiendo de la exposición al sol, (McCullough, 1978), ésto representa un problema en el trópico debido a las altas tempe - raturas y humedad atmosférica que prevalecen en estas zonas.

Los trabajos realizados con forrajes tropicales indican que este procedimiento mejora la calidad de los ensilajes - dado que se ha logrado reducir la concentración de ácido butírico y del nitrógeno amoniacal (Catchpoole y Henzell, 1971).

DIGESTIBILIDAD DE FORRAJES TROPICALES

La desaparición de la materia de un alimento a través de su paso por el tubo digestivo de un animal es la mejor medida para evaluar su aprovechamiento; a este hecho se le conoce como digestibilidad.

La digestibilidad aparente de un alimento en el balance entre lo consumido menos lo que aparece en las heces.

La digestibilidad verdadera es el balance entre la dieta y los residuos en las heces, menos los productos metabólicos. El coeficiente de la digestibilidad verdadera es siempre más alta que el obtenido por la digestibilidad aparente. (Van Soest, 1982). Sin embargo, la digestibilidad verdadera es de difícil medición debido principalmente a que se genera materia metabólica a partir de la materia absorbida que puede regresar al tracto digestivo. También la materia de los microbios es derivada de la fermentación de la materia endógena y del alimento. En los rumiantes la proporción de materia endógena que es de origen bacteriano es del 85 a 90%. Debido a estas dificultades generalmente se emplea en experimentos de nutrición animal la digestibilidad aparente y los resultados son expresados en porcentaje de la materia desaparecida o digerida.

El método convencional para determinar la digestibilidad aparente requiere del registro exacto de las cantidades de alimento ingerido, de heces eliminadas y de su análisis químico (Crampton y Harris, 1974).

Minson y McLeod (1972) introdujeron un técnica de laboratorio para medir la digestibilidad in vitro de forrajes. - Esta técnica requiere de líquido ruminal de un animal donador - con el que se incuba la muestra durante 48 h en tubos de ensaye saturados de CO₂, posteriormente la muestra se incuba otras 48 h con pepsina y se calcula la digestibilidad. La correlación - que existe entre el valor obtenido por esta técnica y el de la digestibilidad aparente es alta (0.90) por lo que cualquiera de los dos métodos puede emplearse para conocer el valor de digestibilidad de un forraje.

DIGESTIBILIDAD DEL PASTO MERKERON (Pennisetum purpureum)

La digestibilidad de la M.S. de los forrajes tropicales es siempre más baja comparada con la de las especies de clima templado (Van Soest, 1982). En trabajos realizados por Lakse svela y Said (1978) en los que se compararon los dos tipos de forrajes, encontraron que la baja digestibilidad de los pastos tropicales radica en que poseen niveles superiores de Fibra Cruda (F.C.), la que es incrementada con la edad del forraje, así por ejemplo el pasto Elefante (Pennisetum purpureum) cortado a 5 y 7 semanas mostró valores de F.C. de 41.3 y 44.3%, con digestibilidades de 80 y 77% respectivamente, mientras que los valores de F.C. para los pastos de clima templado maduros no fue superior al 37.1%.

El valor nutritivo de las especies tropicales generalmente declina con su estado de madurez, así la digestibilidad aparente de la Materia Seca (M.S.) de Pennisetum purpureum cortado a 30 y 70 días varió de 64.8 a 59% (Catchpoole y Henzell, 1971); Reyes y Sutherland (1969) observaron incrementos de la F.C. de 24.8 a 27.9 en el mismo pasto cortado a 36 y 60 días y un aumento en el valor de la celulosa de 28.7 a 33.1, y un decremento en su digestibilidad de 60.7 y 39.7%. Rocha y Vera (1981) estudiando el efecto de la edad sobre la composición química y

digestibilidad in vitro de gramíneas tropicales entre ellos el Pennisetum purpureum, encontraron que los carbohidratos estructurales se incrementan con la edad y observaron que el contenido de celulosa es bastante constante variando el de hemicelulosa entre las especies, hubo además diferencias considerables en la digestibilidad in vitro de la M.S., entre especies pero el efecto de la edad fue semejante para todas ellas. El pasto Pennisetum purpureum tuvo una digestibilidad de 67.3, 74.2 y --- 71.7% para la M.S., hemicelulosa y celulosa respectivamente.

Por otro lado, Catchpoole y Henzell (1971) indican -- que la digestibilidad de la M.S. de los ensilajes hechos con -- pastos tropicales es menor del 60%, Olubajo (1981) estudiando el valor nutritivo del pasto Elefante (Pennisetum purpureum) en silado sin aditivos encontró que el ensilaje con 18.3% de M.S. y 36.71% de fibra cruda tenía una digestibilidad aparente de -- 52.8 y de 71.33% respectivamente. Awolumate y Olubajo (1982) informaron que la digestibilidad en ovinos africanos del mismo pasto ensilado con un contenido de 19.9% de M.S. fue de 68.6%. Bores, Rivas y Castellanos (1986), indicaron que un ensilaje de pasto Taiwan cortado a 4 meses de rebrote con 28% de M.S. y -- 82.5 de F.N.D. mostró una digestibilidad in situ de la M.S. de 49.5%.

DIGESTION EN RUMIANTES

Cinética de la digestión ruminal

El proceso digestivo del rumiante es un mecanismo dinámico que comprende la entrada de alimentos al rúmen y la salida de líquido, bacterias y residuos de alimento no digerido a través del omaso hacia el tubo posterior. Los productos de la fermentación pueden ser absorbidos en el rúmen, y la digestión continúa a lo largo del tracto posterior. Para efectos de estu

dos de digestión se ha dividido el aparato digestivo de los ruminantes en dos secciones: el retículo rúmen y el tracto posterior partiendo del abomaso.

El alimento consumido y el agua desaparecen de un -- compartimiento en dos formas: a través de la digestión, absorción y pasaje. Solamente la parte no digerida de un alimento pasa el siguiente compartimiento. Bajo este concepto la tasa de desaparición dentro de un compartimiento debe ser la suma de la tasa de digestión y pasaje la cual es igual a la tasa de aparición en los desechos. La tasa de pasaje es un criterio matemático estricto, referido al paso de materia no digerida sobre el -- tiempo. La tasa de digestión se refiere a la cantidad de alimento que puede ser digerido por unidad de tiempo y es esencialmente una función de la dieta.

Tiempo de recambio ruminal

Es una función dada por la tasa de digestión y la tasa de pasaje, y se define como el tiempo en el cual el 63% de un -- sustrato puede ser digerido o transferido a otro compartimiento. Se mide dividiendo el volumen ruminal entre el consumo diario, y cuando se desconoce el consumo diario se asume una cinética de primer orden, siendo igual a la recíproca de la tasa de desaparición que se estima por el logaritmo natural de la fase descendiente de la pendiente en una escala semilogarítmica y se expresa en % por hora.

Parece ser que la presión del rúmen en condiciones de descanso (no ayuno) es incrementada por el aumento de ingestión de alimentos o por el consumo de materiales poco digestibles, lo que trae como consecuencia o un aumento del volumen ruminal o su vaciado. Es de hacerse notar que el tiempo de recambio ruminal es la suma de la digestión y del pasaje.

Digestión

Si el abastecimiento de un sustrato excede la capacidad enzimática de la población microbiana, la tasa de digestión tiende a ser de orden cero, es directamente proporcional al tiempo y más baja que el límite intrínseco mostrado por el sustrato, sin embargo, las cantidades absolutas del sustrato reemplazado pueden ser relativamente grandes.

Esta fermentación inadecuada lleva el sustrato a que su máxima tasa de digestión ocurra a un tiempo después de que el animal se alimente o consuma agua, y se cree que sea la responsable del retraso usualmente observado en la parte inicial de la tasa de fermentación.

La variación en la tasa de fermentación durante el consumo y después de éste puede estar influenciada por la ingestión de aire, por cambios en la temperatura del rúmen debido a la ingestión de agua fría o alimentos calientes y por cambios en la presión osmótica. El retraso de la fermentación también puede deberse a factores inherentes a la dieta y no relacionados con la población microbiana como son la solubilidad del sustrato, la tasa de solución, y a los componentes fibrosos. Los componentes solubles de la célula como son los azúcares tienen tasas rápidas de fermentación, los constituyentes menos solubles como son los almidones o proteínas coaguladas dan tasas más bajas de fermentación que están entre 20 a 50%/hora.

Tasa de pasaje

El paso o tránsito se refiere al flujo de residuos indigeridos a través del tracto digestivo. El del rúmen incluye bacterias y algunos residuos alimenticios potencialmente digeribles en el tracto posterior, además de fibra lignificada. El residuo final que aparece en las heces está compuesto mayormente

de paredes celulares de las bacterias, de las plantas y de material endógeno.

Cálculos de la cinética ruminal

Tiempo de recambio.-El tiempo de recambio se puede -- estimar de dos maneras; por la recíproca del logaritmo natural de la pendiente o por la división de la masa ruminal sobre el consumo. La masa ruminal ha sido estimada por el vaciado del rúmen a través de una fistula o por el sacrificio del animal -- (Paloheimo y Makela,1959).

Tasa de pasaje.-Existen dos métodos para medir el pasaje, el más simple consiste en medir o estimar el volúmen ruminal y dividirlo entre el consumo para obtener un cálculo del -- tiempo de pasaje. La otra alternativa es administrar dosis conocidas de un marcador seguido de colecciones por varios días. La dosis se puede administrar por vía oral o por una fistula ruminal y la recuperación se puede hacer por este medio o en las heces. Con la concentración del marcador en la muestra recuperada en el rúmen a diferentes tiempos se calcula una ecuación de regresión en donde el valor de la pendiente es empleada para hacer la estimación.

Tiempo de retención o de residencia: $T_{1/2}$. El -- tiempo de retención se refiere al tiempo necesario para que se recambie el 50% del sustrato, o dicho de otra manera es la medida de la supervivencia del sustrato dentro de un compartimiento.

Este tiempo se calcula así:

$$T_{1/2} = (\ln 2) / -K = .693 / -K = .693T$$

En donde:

K = es la tasa constante

T = es el tiempo de recambio

Volúmen ruminal.- Se obtiene directamente por el vaciado a través de fistulas o por medio de marcadores para líquidos, este último método asume los mismos principios de la tasa de tránsito.

Empleo de marcadores para medir la cinética ruminal

La digestión en el tracto digestivo de los rumiantes es el resultado de numerosos procesos dinámicos, los cuales pueden ser medidos en forma individual para una mejor comprensión de los mismos. La medida de estos procesos requiere del empleo de marcadores, sustancias las cuales pueden ser empleadas para medir el flujo o recambio de los constituyentes específicos de una dieta.

El empleo de un marcador varía dependiendo de las características del proceso digestivo que se desea estudiar, además las sustancias utilizadas como marcadores deben reunir las siguientes características: ser inertes sin efectos tóxicos, - fisiología o psicológicamente hablando, a nivel del tracto gastrointestinal no debe absorberse ni metabolizarse y no deberá - afectar a los procesos de secreción, digestión, absorción o motilidad, así como tampoco a la microflora, además no debe tener un volúmen grande, de fácil mezclado y distribución uniforme -- con la digesta y poseer propiedades físico-químicas que faciliten su determinación (Kotb y Luckey, 1927; Fainhey, 1975).

Actualmente se cuenta con un grupo de sustancias que si bien no cumplen con el 100% del cometido antes mencionado -

han sido empleadas ampliamente en estudios de cinética digestiva. Entre los marcadores para líquidos tenemos al polietilenglicol (P.E.G.) y para sólidos el óxido de cromo (Cr_2O_3).

Marcadores para líquidos

En el estudio de la cinética de la fase líquida del rúmen se emplean marcadores como el polietilenglicol (P.E.G.) con peso molecular 4.000, el cual fue introducido en 1955 por Hyden para estudios de cinética digestiva. Este marcador es extremadamente soluble en agua y las dosis suministradas son recuperadas en un 95% en las heces de ovinos (Uden et al, 1980; Ellis y Lascano, 1980), sin embargo, este marcador puede presentar algunas limitantes como el hecho de que tiende a asociarse con el material sólido de algunas dietas. Czerkowski et al, (1968) y su cuantificación puede presentar problemas cuando se emplean dietas ricas en taninos. (Kay, 1969), sin embargo Tee-ter y Owens (1983) no encontraron asociación del P.E.G. con alimentos ricos en fibra cruda, y desconoce si el P.E.G. es precipitado por los taninos o si éstos interfieren en su detección, además reporta que el valor del volumen ruminal obtenido por el vaciado del rúmen fue 4% superior al estimado por el empleo de este marcador ($P \leq .05$) valor que no diferió estadísticamente entre otros marcadores empleados para este fin. Bauman, Davis y Frobish (1971), mencionaron que el P.E.G. es un marcador satisfactorio para predecir el volumen ruminal. Tee-ter (1983) encontró que no hay excreción de este marcador en la orina; esto es de suma importancia ya que la aparición del marcador en la orina indica absorción del mismo y se puede sobre estimar el volumen ruminal.

Utilización del polietilenglicol, P.M. 4.000

Fundamento. Hydén (1955) desarrolló un método turbidimétrico para determinar la concentración de P.E.G. en una mues

tra de líquido ruminal, el cual consiste en obtener un filtrado de este líquido libre de proteínas, para lo cual se adiciona $Ba(OH)_2$ y $ZnSO_4$ como agentes precipitantes, removiéndose el exceso de sulfato con $BaCl_2$. La muestra libre de proteínas es mezclada con ácido tricloreacético que en presencia del P.E.G. produce turbidez, la que puede ser medida fotoeléctricamente. El enturbamiento está dado por gotas de aceite finamente divididas y la reacción se hace más notoria en presencia de iones de Bario. Esta turbidez debe ser leída exactamente 5 minutos después de haber adicionado el ácido tricloro-acético.

Malawer and Powell (1967) hicieron modificaciones a la técnica de Hydén, introduciendo la goma arábiga como agente emulsificador para estabilizar más la emulsión, eliminando la necesidad de leer la turbidez en el tiempo antes mencionado.

Marcadores para sólidos

Para el estudio de la cinética de sólidos en el rumen se emplean marcadores que tiendan a unirse con éstos. El óxido de cromo ha sido empleado desde hace tiempo en estudios de digestión en rumiantes, así como para medir el flujo de sólidos a través del tracto gastro-intestinal en animales canulados, (McRae, Campbell y Eadie, 1975).

La administración del marcador es en una sola dosis y la recuperación se hace a diferentes tiempos. Fairney (1975).

Los cálculos e interpretación de los resultados se hacen de igual manera a lo descrito para el P.E.G. y la técnica para determinar el cromo en la muestra se puede hacer según lo propuesto por Fenton y Fenton (1979).

Acidos grasos volátiles

Los animales monogástricos reciben la mayor parte de su energía calorífica como carbohidratos que se absorben en forma de glucosa en el intestino delgado. En los rumiantes la mayoría de los hidratos de carbono de la alimentación es degradada hasta ácidos grasos volátiles en el rúmen y constituyen la mayor fuente de energía metabolizable para esta clase de animales, porque solamente una pequeña proporción de los carbohidratos ingeridos escapa a la degradación bacteriana (Annison y Lewis, 1966). Los carbohidratos de los productos vegetales consumidos por los rumiantes varían desde azúcares simples y disacáridos hasta componentes de la pared celular de las plantas, de alto peso molecular, celulosa y hemicelulosas. Cada uno de estos constituyentes hidrocarbonados de la dieta de los rumiantes es degradado en alguna extensión en el rúmen. Los azúcares -- simples son atacados rápidamente, los polisacáridos con variable rapidéz y los materiales más difíciles de degradar son la celulosa y hemicelulosa que existen en asociación estrecha con la lignina.

Las concentraciones totales de A.G.V. en el rúmen y las cantidades de cada uno de ellos dependen de la dieta. El ácido acético predomina en la mayoría de las condiciones, pero siempre se encuentran cantidades substanciales de ácidos propiónico y butírico. Las dietas ricas en almidón o sacarosa favorecen la formación de ácido propiónico y en general los alimentos de fermentación rápida en rúmen producen menos ácido acético.

El ácido láctico es importante cuando el almidón es parte de la dieta, pero este generalmente no se encuentra en el rúmen, debido principalmente a que es fermentado rápidamente a propiónico, aunque también puede ser transformado en acético o butírico. Existen otros ácidos grasos en menor cuantía como el valérico e isovalérico, y solo en condiciones no normales pue-

den ser detectados el ácido fórmico y succínico. (Van Soest, --
1982).

OBJETIVOS

El presente trabajo fue realizado con el propósito de mejorar la calidad del ensilaje del pasto Merkerón (P. purpureum) en base a las observaciones derivadas de:

- 1). Estudiar el efecto de la exposición del forraje recién cortado al sol durante 6 horas con el -- objeto de concentrar a niveles del 35% la materia seca por el proceso del marchitado, sobre su composición antes de ser ensilado.
- 2). Manipular la fermentación mediante el empleo del forraje marchito (método físico) o bien por la - adición de 5% de melaza o de 5 litros ácido fórmico por tonelada de forraje (métodos químicos) y encontrar los efectos sobre el producto final.
- 3). Detectar si los tratamientos químicos aplicados al forraje afectan de alguna manera el consumo y la digestibilidad de la materia seca y la cinética ruminal de ovinos alimentados con los ensilajes.

MATERIAL Y METODOS

La conducción experimental de la presente investigación se realizó en dos etapas, la primera comprendió la preparación de los microensilajes en el Campo Experimental Pecuario "Las Margaritas" de Hueytamalco, Pue. del INIFAP-SARH, con clima Af(c) (Tamayo, 1963), en donde permanecieron 60 días antes de ser abiertos, una vez hecho ésto se congelaron y fueron -- trasladados al laboratorio de la Coordinación de Nutrición de la Zona Centro del INIFAP-SARH, en Palo Alto, D.F. en donde se efectuaron los análisis correspondientes para valorar la calidad del ensilaje y se realizó la segunda etapa que comprendió el estudio de la respuesta biológica efectuada en ovinos.

Forraje.-El pasto Merkerón (P. purpureum), empleado - contaba con 90 días de edad, una altura de 1.80 m aproximadamente y fué cosechado en forma manual; la mitad del material - se picó inmediatamente en una picadora tipo chetumal y el resto fue expuesto al sol durante 6 horas con el fin de marchitarlo, transcurrido este tiempo fué picado. Durante el proceso - del marchitado el forraje fue volteado cada hora para obtener una deshidratación uniforme; del pasto fresco como del marchito recién picados se tomaron alicuotas de 1 kg. que se congelaron inmediatamente para su posterior análisis. Con los resultados del contenido de materia seca (M.S.), pH, proteína cruda (P.C.) y nitrógeno amoniacal ($N-NH_3$) se determinó el efecto del marchitado, usando la prueba de T pareada de acuerdo a lo descrito por Stell y Torrie (1980).

Primera etapa.-Calidad del ensilaje

a) Tratamientos.-Se estudiaron 3 factores con dos niveles cada uno, siendo éstos, el tipo de forraje empleado: 65 vs 75% de humedad, la adición de: 0 vs 5% de melaza o de 0 vs

5 l de ácido fórmico, por tonelada de forraje en base seca, en un diseño completamente al azar con arreglo factorial $2 \times 2 \times 2$ con tres réplicas por tratamiento de acuerdo al siguiente modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + H_i + M_j + F_k + HM_{ij} + HF_{ik} + MF_{jk} + HMF_{ijk} + E(ijk)l$$

donde:

Y_{ijkl} = es la l -ésima observación de la variable de respuesta [materia seca (MS), pH, proteína cruda -- (PC), nitrógeno amoniacal ($N-NH_3$), ácidos grasos volátiles (A.G.V.), láctico y etanol] asociada - al k -ésimo nivel de ácido fórmico, al j -ésimo nivel de melaza y al i -ésimo nivel de humedad.

μ = es la media poblacional

H_i = es el efecto del i -ésimo nivel de humedad

M_j = es el efecto del j -ésimo nivel de melaza

F_k = es el efecto del k -ésimo nivel de ácido fórmico

HM_{ij} = es el efecto de la interacción entre el i -ésimo nivel de humedad y el j -ésimo nivel de melaza.

HF_{ik} = es el efecto de la interacción entre el i -ésimo nivel de humedad y el k -ésimo nivel de ácido fórmico.

MF_{jk} = es el efecto de la interacción entre el j -ésimo nivel de melaza y el k -ésimo nivel de ácido fórmico.

HMF_{ijk} = es el efecto de la interacción entre el i -ésimo nivel de humedad, con el j -ésimo nivel de melaza y el k -ésimo nivel de ácido fórmico

$E(ijk)l$ = es el error experimental asociado al l -ésimo muestreo, suponiéndolo aproximadamente N.I.D. $(0, 2)$.

Se utilizó un nivel de significancia del 95%; y la diferencia entre medias fué analizada de acuerdo a la prueba de Student-Newman-Keuls' (Stell and Torrie, 1980).

b) Preparación de los ensilajes.-Una vez picado el forraje se prepararon paralelamente de acuerdo al tratamiento y por triplicado dos tipos de microsilos, los primeros de 1 kg fueron hechos en frascos de vidrio provistos de una tapa de rosca a la que se le adaptó una válvula para escape de gases, los segundos de 150 kg se hicieron en tambores metálicos recubiertos de pintura anticorrosiva y fueron sellados herméticamente con tapas provistas de cinturones de seguridad. A los 60 días posteriores al llenado los silos de 1 kg fueron abiertos y una vez tomada la muestra para AGV(s) todo el material se congeló inmediatamente para ser transportado al laboratorio de la Coordinación de Nutrición de la Zona Centro del INIFAP, en Palo Alto, D.F. en donde se realizaron los análisis químicos que sirvieron para evaluar la calidad del material ensilado de cada tratamiento.

Los ensilajes de 150 kg permanecieron 180 días en el C.E.P. "Las Margaritas" y de aquí fueron trasladados a las instalaciones del laboratorio anteriormente mencionado en la ciudad de México y se utilizaron para estudiar la respuesta de ovinos alimentados con ellos.

c) Metodología para medir la calidad del ensilaje.-Todas las determinaciones fueron hechas por duplicado a cada una de las 3 réplicas del tratamiento y empleando los siguientes métodos de análisis químicos:

Materia seca: Esta determinación se hizo empleando el método de arrastre por tolueno, (Jacobs, 1965)

pH: El pH se midió siguiendo lo sugerido por Gupta et al, (1977).

Proteína cruda.-Por el método de Kjeldahl (A.O.A.C., 1980).

Nitrógeno amoniacal.-A.O.A.C.,1975

Acido láctico.-Gómez (1981)

Etanol.-Pérez, Cardoza y Viniegra (1976).

A.G.V.(s).-Cottyn y Boucque (1968).

Segunda etapa.-Respuesta animal

a) Ensilajes.-En esta segunda etapa experimental se emplearon solamente los cuatro tratamientos de ensilajes de forraje con el 75% de humedad, esta decisión fue tomada con base a que durante la primera fase se pudo comprobar el daño que provoca el proceso del marchitado a la proteína del forraje y a la mayor dificultad mostrada por el material para ser ensilado.

A medida que se utilizaban cada uno de los ensilajes, eran muestreados para hacer las determinaciones de laboratorio descrito en la primera fase experimental, además de que fueron analizadas las fracciones de fibra de acuerdo a lo descrito por Goering H.K. y P.J. Van Soest (1975). Para la interpretación de los resultados se empleó un arreglo factorial 2 x 2, con 3 réplicas por tratamiento, en donde los factores en estudio fueron: el nivel de melaza empleado (0 vs 5%), y la cantidad de --ácido fórmico (0 vs 5%) por tonelada de forraje fresco ensilado.

El diseño estadístico al cual se le atribuyó la variación fué:

$$Y_{ijk} = \mu + M_i + F_j + MF_{ij} + E(ij)k$$

donde:

Y_{ijk} = es la k-ésima observación de la variable de respuesta, asociada al j-ésimo nivel de ácido fórmico y al i-ésimo nivel de melaza.

μ = es la media general

M_i = es el efecto del i-ésimo nivel de melaza

F_j = es el efecto del j-ésimo nivel de ácido fórmico

MF_{ij} = es el efecto de la interacción entre el i-ésimo nivel de melaza y el j-ésimo nivel de ácido fórmico

$E(ij)k$ = es el error experimental asociado al k-ésimo muestreo, suponiéndolo aproximadamente N.I.D. $(0, \sigma^2)$.

b) Animales Experimentales.-Se emplearon cuatro ovinos Criollos x Suffolk, machos adultos enteros, con peso promedio de 46 kg provistos con una cánula ruminal tipo Jarret y -- alojados individualmente en jaulas metabólicas. El ensilaje se les ofreció dos veces al día y como fuente de proteína se les suministraron 100g de pasta de soya, disponían además de sales minerales y agua ad libitum. Antes de comenzar el experimento fueron desparasitados contra vermes gastroentéricos y vitaminados por medio de la aplicación intramuscular de vitaminas A.D.E.

c) Conducción del experimento.-Cada período de este experimento tuvo una duración de 25 días, de los cuales 15 fueron de adaptación de los animales a la dieta y 10 para la toma de datos. El diseño estadístico empleado fue un cuadrado latino 4 x 4 bajo el modelo siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + R_i + Z(i) + C_j + X(j) + T_k + E(ijk)$$

donde:

Y_{ijk} = es la k-ésima observación de la variable de respuesta, asociada al k-ésimo tratamiento

μ = es la media poblacional

R_i = es el efecto del i-ésimo renglón (período).

$Z(i)$ = es el error de restricción debido a azarización -- del tratamiento en el i-ésimo renglón

C_j = es el efecto de la j-ésima columna (borrego)

$X(j)$ = es el error de restricción debido a azarización -- del tratamiento en la j-ésima columna

T_k = es el efecto del k-ésimo tratamiento

$E(ijk)$ = es el error experimental N.I.D. (0, 2).

Las variables de respuesta medidas en los animales -- fueron las siguientes:

- 1.-Consumo de materia seca
- 2.-Digestibilidad aparente de la M.S.
- 3.-Digestibilidad aparente de la F.D.N.
- 4.-Digestibilidad aparente de la celulosa
- 5.-Digestibilidad aparente de la hemicelulosa
- 6.-Concentración de ácidos grasos volátiles en el rúmen.
- 7.-Cinética de líquidos en el rúmen
- 8.-Cinética de sólidos en el rúmen

Durante el período de toma de datos se registró diariamente la cantidad de ensilaje ofrecido, el rechazo y la producción total de heces, de éstos se tomaron muestras para determinarles en el laboratorio la M.S., que en el caso de los ensilajes se hizo por el método de arrastre por tolueno, una vez he

cho ésto el resto del material y las heces fueron secados en una estufa de aire forzado a 50 C durante 72 horas, proceso que sirvió además para determinar la M.S. de las heces, una vez seco el material fue molido en un molino tipo Wiley con malla de 2 mm para posteriormente determinar su contenido de fibra neutro detergente (F.N.D.), celulosa y hemicelulosa. El consumo voluntario de la M.S. se obtuvo por la diferencia entre los valores de M.S. encontrados en el ensilaje ofrecido y el rechazado, tal y como lo describen Crampton y Harris (1974), con este valor y el de M.S. en las heces se calculó la digestibilidad aparente de esta variable de respuesta.

El mismo procedimiento se siguió para determinar la digestibilidad de las fracciones de fibra.

Una vez terminado el período de recolección de heces se procedió a medir la concentración de A.G.V.(s), presentes en el rúmen de los animales, para ésto se ayunaron por 12 horas, después de las cuales se les ofreció el ensilaje para que consumieran la cantidad que desearan por una hora, posteriormente se les retiró nuevamente el alimento y se procedió a la toma del líquido ruminal el cual fue colocado en frascos de vidrio sumergidos en hielo picado. El muestreo se realizó a las 0, 1, 2, 4, 6, 8 horas post-prandium.

La técnica empleada para determinar la concentración en mol/ml de ácidos volátiles fue la propuesta por Cottyn y Boucque (1968) y consiste en lo siguiente: a 5 ml de líquido ruminal se le adicionaron 0.5 ml de una solución 2 a 1 v/v de ácido ortofosfórico al 85% y ácido fórmico al 25%, con el objeto de precipitar las proteínas. Se agitó por 20 segundos y a continuación se centrifugaron a 10,000 rpm durante 10 minutos en una centrífuga refrigerada empleando una temperatura de 5°C, una vez hecho ésto se empleó un cromatógrafo de gases para de-

terminar la concentración de los A.G.V.(s). El cromatógrafo - empleado fue un Hewlett-Packard de ionización de flama Modelo 5840-A

La cinética de líquidos en el rúmen se midió empleando la técnica del polietilenglicol (P.E.G.) con peso molecular 4000 tal y como lo describen Malawer y Powell (1967), para -- ésto se infundieron por la fístula ruminal 12g del compuesto disueltos en 70 ml de agua desionizada, previamente se tomaron 200 ml de líquido ruminal para elaborar la curva estándar con la que fue determinada la concentración de P.E.G. en las muestras problema que se tomaron a las 0, 1.5, 3, 6, 9, 21, 26 y - 32 horas después de haber infundido el P.E.G., la cantidad - de líquido sustraído por hora fue de 5 ml y la concentración - fué medida por duplicado para cada hora de muestreo y por animal.

Técnica de Malawer y Powell (1967)

Reactivos:

- 1.-Goma arábiga, 3 mg/l: Se preparó a partir de una solución - concentrada al 2% de goma arábiga, se tomaron de esta solución 0.15 ml y se diluyeron a un litro.
- 2.-Cloruro de Bario al 10%: Se pusieron 11.75g de $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ en un matríz y se aforó a 100 ml.
- 3.-Hidróxido de Bario 0.3N
- 4.-Sulfato de Zinc al 5% ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$)
- 5.-Acido tricloroacético al 60%: Se pesaron 60 g de ácido y - se disolvieron en 100 ml de cloruro de Bario al 10%.

Procedimiento:

Las muestras de líquido ruminal se centrifugaron a - 2500 rpm durante 10 minutos. En tubos de ensaye de 50 ml se - colocó un milímetro del sobrenadante de la muestra con P.E.G.

o un mililitro de líquido ruminal sin el P.E.G., que se empleó como blanco. En seguida se procedió a desproteínizar la muestra por la adición secuencial de:

- 10 ml de agua destilada
- 1 ml de cloruro de Bario al 10%
- 2 ml de hidróxido de Bario 0.3N
- 2 ml de sulfato de Zinc al 5%

Se taparon los tubos con parafilm grado M, se agitaron vigorosamente y se dejaron reposar 10 minutos. Transcurrido este tiempo se filtró a través de papel Whatman # 42. Se tomaron 3 ml del filtrado y en tubos de 20 ml se le añadieron 3 ml de la solución de goma arábiga y 3 ml del ácido tricloroacético al 60%, se agitó y se dejaron reposar por espacio de 60 a 90 minutos. La densidad óptica de las muestras fué leída a 650 nm en un espectrofotómetro, empleando el blanco para ajustar.

Para conocer la concentración de P.E.G. en una muestra dada, es necesario construir previamente una curva estándar de P.E.G. con líquido ruminal en donde tenga el marcador - concentraciones de 0 a 1.5 g/l. Para facilitar la elaboración de la mezcla el P.E.G. se disuelve previamente en agua desionizada.

Cálculos:

Una vez construída la curva patrón se estimó una ecuación de regresión para conocer la concentración en las muestras problema. Una segunda ecuación fué construída correlacionando los logaritmos naturales (Ln) de las concentraciones del P.E.G. (Eje Y), contra el tiempo en el cual se colectaron las muestras (Eje X), con los valores obtenidos se calculó: el volumen ruminal, t1/2 de residencia, pasaje y recambio.

Ecuación: $\bar{Y} = a + bx$, en donde:

\bar{Y} = es la concentración logaritmica natural del marcador

a = intercepto

b = pendiente

x = muestra problema

Cálculos:

Volúmen ruminal = $\frac{\text{gramos de P.E.G. infusionado}}{\text{antilogaritmo de a}}$

Tiempo medio (T1/2) = $\frac{\text{L.N } 2}{b}$

Tasa de pasaje = $\frac{\text{L.N } 2 \times \text{Vol.}}{T \text{ 1/2}}$

Recambio = $\frac{\text{Tasa de pasaje} \times 24}{\text{volúmen}}$

La cinética de sólidos en el rúmen se calculó infusionando 8g de Oxido de Cromo (Cr_2O_3) al rúmen y midiendo su desaparición a las 1.5, 3, 6, 9, 21, 26, 32, 40 y 72 horas, para ésto se tomaron directamente del rúmen muestras del contenido ruminal de aproximadamente 8g, las cuales fueron secadas en estufa de aire forzado a 50 C durante 72 horas, para posteriormente determinar la concentración del cromo de acuerdo a la técnica descrita por Fenton y Fenton (1979). Los cálculos para medir la cinética se hicieron de la misma manera que para la fracción líquida.

Técnica para la determinación de Oxido de Cromo (Cr_2O_3) en el alimento. (Fenton y Fenton, 1979).

Reactivos:

a) Mezcla digestora.-Se disolvieron 10g de molibdato de sodio deshidratado con 500 ml de una mezcla compuesta por -- 150 ml de agua, 150 ml ácido sulfúrico y 200 ml de ácido perclórico al 70%.

Procedimiento:

Se pesó 1 g de contenido ruminal en vasos de precipitado de 30 ml y se incineraron toda la noche a 450°C . Una vez frías las cenizas se agregaron 15 ml de la mezcla digestora y se calentaron sobre placa caliente (superficie por lo menos a 300 C) hasta que se desarrolló el color amarillento o rojizo. El calentamiento se prolongó durante 10-15 minutos más, se enfriaron y se transfirieron cuantitativamente a matraces volumétricos de 200 ml con agua destilada y se aforó, en seguida se centrifugaron 10 ml de éste digerido en frascos de poliestireno a 700 G durante 5 minutos, y se tomó 1 ml que fué colocado en celdas de igual capacidad para leer la absorción óptica a 440 nm, para ésto se prepararon varios blancos pesando heces y alimentos que no contenían Cr_2O_3 .

Preparación de la curva estándar:

Se pesaron cantidades de Cr_2O_3 de: 5, 20, 35, 50 y 60 mg en vasos de precipitado de 30 ml y se trataron en la misma forma que se describió para las muestras de contenido ruminal.

Con esta curva se calculó el contenido de Cr_2O_3 en -- las muestras de contenido ruminal.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 1 se indican los valores de la M.S., pH, P.C. y N-NH₃ del pasto merkerón (*P.purpureum*) fresco o marchito y los resultados encontrados a la prueba de T pareada; se puede observar que por la práctica de exponer al pasto merkerón al -- sol para deshidratarlo, se logró incrementar significativamente en 12.8% la cantidad de materia seca, sin embargo, este procedi miento provocó que las proteínas fueran dañadas por la acción - conjunta de la temperatura, humedad y microorganismos, convir tiéndolas probablemente en aminas como lo indica Wilkinson, Wil son y Barry, (1976) suposición basada en el hecho de que signifi cativamente hubo una mayor concentración de nitrógeno amoniacal e incremento del pH en el forraje marchito.

CUADRO 1. EFECTO DEL MARCHITADO SOBRE EL PASTO MERKERON (*P.pur pureum*) EXPUESTO AL SOL POR 6 HORAS.

VARIABLE DE RESPUESTA	FORRAJE		
	FRESCO	MARCHITO	DIFERENCIA
Materia seca	25.833	38.666	12.833*
pH	6.383	6.433	0.133*
Proteína cruda	4.861	5.780	0.918
Nitrógeno amoniacal, x 10 ⁻²	0.7833	2.166	1.383*

(P<.05)

Los valores iniciales de M.S., pH, P.C. y N-NH₃, del forraje tratado con los aditivos se indican en el Cuadro 2 -- (pág. 60), y los valores en el ensilaje así como el contenido - de A.G.V.(s), láctico y etanol a los 60 días se muestran en el Cuadro 3 (pág.61). En el Cuadro 4 y 4a se indica el resultado del análisis estadístico (págs.62,63) de la primera etapa experimen

tal.

Las diferencias ocurridas por efectos simples de los factores en estudio se señalan en el Cuadro 5 y 5a.

CUADRO 5. CAMBIOS OCURRIDOS EN LOS MICROENSILAJES DE PASTO -- MERKERON (P. purpureum). ENCONTRADOS A 60 DIAS

FACTORES	MS	pH	PC	N-NH ₃ x10 ⁻²
Tipo de forraje:				
fresco	1.45	-0.76a	-0.17	2.99a
marchito	-2.87	-0.30b	-0.17	6.92b
% de melaza:				
0	-7.66	-1.74	-0.36	7.04
5	1.91	-2.49	0.02	2.88
ℓ de ácido fórmico:				
0	-0.17	-1.68a	-0.28	5.87
5	0.17	0.63b	-0.07	4.05

Dentro de cada factor y para cada variable, valores con diferente literal difieren estadísticamente (P<0.05).

CUADRO 5a. PRODUCCION DE AGV(s) EN EL PROCESO FERMENTATIVO DE MICROENSILAJES DE PASTO MERKERON (P. purpureum)

	LACTICO	g/100 ETANOL	ACETICO	PROPIONICO
Tipo de forraje:				
fresco	0.324a	2.367a	1.383a	0.221a
marchito	0.177a	1.360b	0.722b	0.192a
% de melaza:				
0	0.124a	1.586a	1.259a	0.249a
5	0.377b	2.141b	0.950b	0.163b
L de ácido fórmico:				
0	0.441a	2.098a	1.581a	0.174a
5	0.060b	1.629a	0.629b	0.238b

Dentro de cada factor y para cada variable, valores con diferente literal difieren estadísticamente (P<.05)

No se encontró efecto debido a la forma física del forraje del empleado sobre los cambios ocurridos a la M.S., pero si se pudo atribuir a este factor la diferencia significativa encontrada para el pH, el cual tuvo mayor variación en el forraje fresco (-0.76 vs -0.30), ésto fué debido a que como lo indican Tayler (1970) y Van Soest (1982), los forrajes sometidos a procesos de deshidratación antes de ser ensilados sufren una fermentación más limitada de sus hidratos de carbono y el ensilaje resultante posee menos ácidos orgánicos en su materia seca, por lo tanto, el pH varía menos. Esta fermentación menos intensa del forraje marchito se vió reflejada en una menor producción de ácido acético, propiónico y etanol (Cuadro 5a), hecho indicativo de que el marchitado limitó la utilización de

los azúcares para producción de ácidos orgánicos, por lo que el pH sufrió menos cambios. La producción de nitrógeno amoniacal se incrementó en el ensilaje por el empleo del forraje marchito, debido quizás a una mayor dificultad para excluir por comparación el aire de la masa del forraje durante el llenado del silo, y a su menor peso específico, lo que permitió el desarrollo de clostridias que degradaron las proteínas, este hecho se contrapone a lo expuesto por Catchpole y Henzell (1971), quienes indican que el proceso del marchitado en forrajes tropicales reduce la concentración del nitrógeno amoniacal en los ensilajes.

No se encontró ningún efecto significativo por la adición de melaza sobre las variaciones ocurridas a la M.S., pH, P.C. y $N-NH_3$ de los ensilajes, pero sí hubo un efecto positivo significativo ($P < .05$) sobre la producción de ácido láctico (0.377 vs 0.124 g/100 M.S.), con reducción del acético y del propiónico con respecto al testigo (Cuadro 5a), lo que indica que la melaza adicionada al pasto merkerón, antes de ensilarse promueve fermentación láctica durante el proceso del ensilado.

El resultado que se encontró por la adición de 5 litros de ácido fórmico en relación al testigo fué una disminución significativa en la producción de los ácidos láctico y acético, con un incremento del ácido propiónico (Cuadro 5a), ésto influyó notablemente en el cambio ocurrido al pH, (Cuadro 5). Estos resultados son contrarios a lo encontrado por Hingston y Christensen (1982) y a Ojeda y Varsolomiev (1982), quienes indican que el ácido fórmico promueve la formación de ácido láctico en el ensilaje.

Tipo de forraje x melaza:

De acuerdo a los resultados del análisis estadístico (Cuadro 4, pág. 62) la melaza adicionada al 5% únicamente interactuó con el forraje ensilado marchito para preservar a la mate

ria seca (Gráfica 1, pág.73), observándose además que esta interacción inhibió la producción del nitrógeno amoniacal (Gráfica 2, pág.74). Por otra parte la adición de carbohidratos solubles en forma de melaza únicamente mostró su efecto para promover una mayor producción de ácido láctico cuando fué adicionada al forraje fresco (Gráfica 3, pág.75), lo que indica que el contenido de humedad en el forraje posee algún efecto sobre la utilización de los azúcares solubles de la melaza por parte de los microorganismos para generar ácido láctico.

Tipo de Forraje x Acido Fórmico:

El único efecto de esta interacción se manifestó sobre la producción de ácido acético (Gráfica 4, pág.76), mismo que se encontró significativamente ($P < .05$) disminuido en el ensilaje del merkerón ensilado fresco y adicionado con 5 litros de ácido fórmico en relación al ensilado fresco sin ácido (.803 vs 2.171 g/100 M.S.).

Interacción Melaza x Acido Fórmico:

La Gráfica 5 muestra como la melaza y el ácido fórmico tienen efectos contrarios sobre la producción de ácido láctico en los ensilajes del pasto merkerón (P. purpureum). Mientras que la melaza la promueve, el ácido fórmico la inhibe ($P < .05$), característica reportada por Ojeda y Varsolomiev (1982), quienes también mencionan que el ácido fórmico promueve fermentaciones propiónicas en los ensilajes, tal como sucedió en el presente estudio (Gráfica 5, pág.77). Además en los tratamientos con melaza se produjo significativamente una menor cantidad de nitrógeno amoniacal (Gráfica 6, pág.78) en relación a los tratamientos en donde fue adicionado el ácido fórmico.

El hecho de que no se encontraran diferencias estadísticas para el ácido láctico y $N-NH_3$ en los tratamientos con --

melaza adicionados o no con ácido fórmico es indicativo de que el efecto promotor de la fermentación láctica de la melaza es mayor al efecto inhibidor del ácido fórmico.

Para ahondar un poco más sobre la calidad del ensilaje como producto terminado (Cuadro 3, pág.61) y considerando --- que la mayor parte de los estudios sobre el tema se basan en el producto final, se procedió al análisis de cada una de las variables en estudio con el objeto de comparar los resultados --- aquí obtenidos.

pH.-El pH no es buen indicador de la calidad del ensilaje de pastos tropicales (Catchpoole y Henzell,1971), sin embargo, resulta de interés conocer los valores en ensilajes manipulados, y así se encontró que el forraje con alto contenido de humedad produjo silos con pH de 4.15, valor que resultó diferente de 4.95 mostrado por el ensilaje del forraje con menor contenido de humedad, y a los de 5, 4.6, 5.26, 4.9, informado por Catchpoole y Henzell (1971), Aguilera (1975), Olubajo (1981), Awolumate y Olubajo (1982), Domínguez, Hardy y Ayaía (1982), Ruíz y Ruiloba (1980). Este valor de pH no mejoró al ensilaje ya que como se puede ver en el Cuadro 4a (pág. 63) el ácido acético se produjo en mayores cantidades en esta clase de silo, lo que concuerda -- con Aguilera (1975) quien reporta que en ensilajes de pasto merkerón la concentración del ácido acético fue del 12% de la M.S., y al igual que Catchpoole y Williams (1970) concluye que la preservación de los pastos tropicales sin aditivos es fundamentalmente acética.

En el presente estudio se pudo observar que el manipulado físico del forraje por el marchitado dió como resultado un ensilaje con un valor de pH superior al testigo, lo que no concuerda con Miller, Clifton y Camerón (1963) quienes indican que este proceso dá ensilajes con pH inferiores, debido principalmente a que, al concentrarse los carbohidratos solubles hay una rá-

pida producción de ácido láctico con la consecuente caída del pH, esto es válido para forrajes de clima templado en donde la concentración de carbohidratos solubles es superior al 8%, sin embargo, Aguilera (1975) menciona que la baja concentración de los carbohidratos solubles encontrada en los pastos tropicales repercute en una pobre concentración de ácido láctico incapáz de mantener un pH adecuado que frene las fermentaciones secundarias, esto puede ser apoyado por lo encontrado en el presente estudio en donde se observó que por la adición de carbohidratos solubles en forma de melaza al forraje, el pH declina en forma significativa en los silos (4.2 vs 4.8), y si recordamos que la melaza promovió la producción de láctico puede atribuirse a la adición de los carbohidratos el bajo pH encontrado, el mismo hecho ha sido reportado por Vera Cruz (1951), Catchpole (1966), Domínguez, Hardy y Ayala (1982), quienes encontraron valores de pH de 3.96, 3.8, 3.6 en ensilajes adicionados con melaza respectivamente. Además, estos últimos autores encontraron que la adición de 2% de melaza al pasto King grass (*P. purpureum* x *P. thyphoides*) produjo ensilajes con mayores concentraciones de láctico que el testigo.

El ácido fórmico produjo un ensilaje con pH significativamente mayor al del tratamiento testigo (4.7 vs 4.4) y el resultado concuerda con el obtenido por Ojeda y Varsolomiev -- (1982) quienes lo emplearon en pasto Pangola (*Digitaria decumbens*) e indicaron que el pH del ensilaje fue superior a 4 y la fermentación acética, concluyendo que el ácido fórmico no fué capáz de inhibir el desarrollo de bacterias heterolácticas productoras de este metabolito.

Nitrógeno Amoniacal (N-NH₃)

Si únicamente se analiza el N-NH₃ del producto final el resultado indica que el marchitado del forraje provocó el incremento de este compuesto en forma significativa (0.057 vs

.0409 g/100 M.S.) por la degradación de las proteínas durante el proceso del marchitado, tal como lo indica Miller, Clifton y Camerón (1963), sin embargo, basados en los resultados de los cambios ocurridos durante el proceso fermentativo sabemos que no únicamente se debió a este factor, sino también a la menor densidad del material que contribuyó a que este compuesto se formara debido a la dificultad para la exclusión del aire durante el proceso del compactado que permitió el desarrollo de clostridios. De cualquier forma la concentración porcentual del N-NH_3 en relación al nitrógeno total (4.95% y 7.14% para el forraje fresco y marchito respectivamente) inferior al 37% encontrado por Catchpole y Henzell (1971) en ensilajes de pasto Bermuda (Cynodon dactylon), y de 20.63% encontrado por Domínguez, Hardy y Ayala (1982) en ensilajes de King grass (P. purpureum x P. thyphoides), al 15% mencionado por Ojeda y Varsolomiev (1982) para ensilajes de pasto Pangola (Digitaria decumbens) y al 18.4% informado por Bores, Rivas y Castellanos (1986) en pasto Taiwan (P. purpureum).

La adición de la melaza de caña disminuyó sustancialmente la producción de este compuesto durante el proceso fermentativo y el efecto se vió reflejado en el producto final encontrándose valores de 0.0314 para el ensilaje con melaza y de .0674 g/100 M.S., para el ensilaje testigo, lo que representa 3.95 y 8.13% del nitrógeno total; este efecto fué dependiente de la humedad del forraje como lo observamos al estudiar la interacción melaza-forraje, en donde se encontró que en el forraje húmedo con melaza se produjo una menor cantidad y obviamente el silo mostró una menor concentración (4.1%), este hecho también fue observado por Ojeda y Varsolomiev (1982) quienes reportan que adicionar 2% de melaza al pasto Pangola reduce la concentración del N-NH_3 . Por otro lado, Domínguez, Hardy y Ayala (1982) encontraron que en ensilajes de King grass (P. purpureum x P. thyphoides) adicionado con 2% de melaza, a los 60 --

dfas mostraban concentraciones superiores del 11%. Por su parte Ruiloba, Ruz y Ruiloba (1980) y Tosi et al., (1983) indican que en P. purpureum la adición de melaza no mejoró la calidad del ensilaje pues obtuvieron valores del $N-NH_3$ mayores a los encontrados en ensilajes de maíz.

Producción de Acidos Orgánicos y Etanol:

Como indican Catchpole y Henzell (1971), los ensilajes de pastos tropicales no están conservados en ácido láctico, debido principalmente a su bajo contenido de carbohidratos solubles, Aguilera (1975) estudiando la dinámica de la fermentación en ensilajes de pasto merkerón (P. purpureum) sin aditivos, encontró que durante los primeros 30 días los ácidos láctico y acético se producen de manera paralela hallando concentraciones de aproximadamente 3.5% de la M.S.; a partir de este tiempo el ácido acético continúa produciéndose y el ácido láctico disminuye de tal forma que a los 60 días sólo encontró -- una concentración del 0.5% de la M.S., e indica que el ácido láctico fue precursor del acético.

En el presente estudio se pudo observar que no solamente el ácido acético predominó en los ensilajes sino que -- también fueron encontradas elevadas concentraciones de etanol, que se produjeron en forma independiente del tratamiento dado al ensilaje, ésto es indicativo que desde el principio la fermentación fue heteroláctica siguiendo las siguientes vías: $Hexosa \rightarrow Acido\ láctico + Etanol + CO_2$. El ácido láctico producto de esta fermentación no fué capaz de sustener el pH adecuado para evitar reacciones secundarias y fue utilizado para producir acético.

Este hecho se confirma con los trabajos de Ruiloba, Ruiz y Ruiloba (1980), y Domínguez, Hardy y Ayala (1982) quie-

nes encontraron que la concentración de ácido láctico en ensilajes de King grass sin aditivos (P. purpureum x P. thyphoides) fue del 1% de la M.S.

A pesar de los intentos de incrementar esta baja concentración por medio de la adición de azúcares solubles y del efecto benéfico que ha mostrado la melaza sobre su producción no ha sido posible obtener ensilajes lácticos con forrajes tropicales; así la baja concentración obtenida en el presente estudio menor al 1% de la MS para el ensilaje adicionado con 5% de malza coincide con los valores informados por Domínguez, - Hardy y Ayala (1982) quienes adicionaron 1 y 2% de miel final al forraje obteniendo concentraciones de ácido láctico de 1.04 y 1.45% de la M.S.

VALOR NUTRITIVO PARA OVINOS DEL ENSILAJE DE PASTO MERKERON (P. purpureum) TRATADOS CON ADITIVOS QUIMICOS.

Considerando que el marchitado del forraje fué detrimental sobre las proteínas y la dificultad que el forraje marchito mostró para su ensilado, únicamente se valoró como alimento para rumiantes el ensilaje del forraje fresco, para ésto fueron utilizados los ensilajes hechos en los tambores de 150 k. En el Cuadro 6 (pág.64) se indican los valores promedios - finales de las variables en estudio encontradas en los ensilajes y que sirvieron como base para los cálculos del consumo y digestibilidad de la M.S. en los ovinos. Los resultados del - contenido de las fracciones de fibra en el pasto antes del ensilado y en el silo se muestran en el Cuadro 7 (pág.65) y en - el Cuadro 8 (pág.66) el análisis estadístico. En el Cuadro 9 se puede observar que la pared celular (F.N.D.) del forraje -- fué protegida por la melaza, resultando ser la hemicelulosa el componente menos afectado por la acción fermentativa de las en - zimas bacterianas.

CUADRO 9. EFECTO DEL TRATAMIENTO QUIMICO SOBRE LOS CAMBIOS -- OCURRIDOS A LAS FRACCIONES DE FIBRA EN ENSILAJES DE PASTO MERKERON (P. purpureum)

ADITIVO	F.N.D.	F.A.F.	CELULOSA	HEMICELULOSA
‰ de melaza:				
0	-10.37a	-3.39	-2.18	-7.18a
5	- 0.55b	-1.64	-1.09	-2.25b
‰, ácido fórmico:				
0	-6.55	-2.93	-2.87	-2.75
5	-4.37	-2.11	-0.95	-2.18

Dentro de cada aditivo y para cada variable, valores con diferente literal difieren estadísticamente ($P < .05$)

El ácido fórmico no mostró efecto significativo para preservar a la pared celular (F.N.D.), por lo mismo no es recomendable mezclarlo con la melaza como lo indica la interacción encontrada en el presente estudio (Gráfica 7, pág.79) ya que la utilización de la celulosa es mayor (Gráfica 8, pág.80), lo que trae como consecuencia una menor producción de ácido láctico -- (Cuadro 6, pág. 64).

Digestibilidad aparente de las fracciones de fibra:

Los resultados del consumo de la materia seca de los ensilajes, su digestibilidad así como la de las fracciones de fibra se exponen en el Cuadro 10 y en el Cuadro 10a, pág.67) el análisis estadístico.

CUADRO 10. CONSUMO VOLUNTARIO, DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LA MATERIA SECA Y DE LAS FRACCIONES DE FIBRA DE ENSILAJES DE PASTO MERKERON (*P. purpureum*)

	A D I T I V O S				E. E. M
	TESTIGO	MELAZA*	FORMICO**	MELAZA/FORMICO	
Consumo MS, g	200.0a	366.00b	408.00b	450.00b	36.37
Dig. MS, %	40.8a	67.94b	58.92b	53.45ab	4.45
F.N.D.	17.01a	67.40b	45.12b	50.00b	6.06
Celulosa	34.37a	66.92b	65.85b	65.00b	5.68
Hemicelulosa	32.22a	58.95b	32.83a	53.70b	3.57

En el mismo renglón valores con diferente literal difieren estadísticamente. ($P \leq .05$)

* Melaza 5%

**Fórmico 5 litros/ton.

El consumo de la materia seca estuvo relacionado directamente con su digestibilidad que a su vez fue afectada directamente por la digestibilidad de la pared celular. En general los tratamientos químicos aplicados al forraje, duplicaron

el consumo voluntario de la M.S. del ensilaje, hecho atribuido a una mayor digestibilidad de la pared celular que en promedio fué incrementada en 318% con referencia al testigo, debido a -- una mayor utilización de la celulosa.

La mayor digestibilidad de la hemicelulosa encontrada en los ensilajes adicionados con melaza puede ser efecto de la mayor concentración de este componente en los ensilajes (Cuadro 7).

A excepción del ensilaje manipulado con 5% de melaza, los resultados encontrados para la digestibilidad de la M.S. -- concuerdan con lo mencionado por Catchpoole y Henzell (1971) -- quienes indican que la digestibilidad de la M.S. en forrajes tro picales es menor de 60%; Olubajo (1981) reporta que para P. purpureum ensilado sin aditivos la digestibilidad aparente fue de 52.8%, y Bores, Rivas y Castellanos (1984) indican que para el pasto Taiwan (P. purpureum) ensilado, la digestibilidad fue de 49.5%. La mayor digestibilidad de la M.S. del ensilaje adicionado con melaza puede ser el resultado del efecto protector que mostró este producto sobre la M.S. del forraje durante el proceso fermentativo, que la hizo más disponible para el animal, una vez consumida.

Acidos Grasos Volátiles en el Rúmen:

La concentración media en Mol/ml de ácidos grasos volátiles producidos en el rúmen de los ovinos alimentados con -- los ensilajes en estudio se muestra en el Cuadro 11.

CUADRO 11. CONCENTRACION MEDIA DE ACIDOS GRASOS VOLATILES (Mo/ ml) EN EL RUMEN DE OVINOS ALIMENTADOS CON ENSILAJES DE PASTO MERKERON (*P. purpureum*) TRATADOS CON ADITIVOS

ACIDO	TESTIGO	5% MELAZA	5% FORMICO	5%M + 5LF	E.E.M.
Acético	0.372	0.316	0.359	0.268	0.074
Propiónico	0.125a	0.159b	0.117a	0.131a	0.007
Butírico	0.047	0.055	0.045	0.052	0.005

En el mismo renglón valores con diferente literal difieren estadísticamente ($P < .05$)

De acuerdo al análisis estadístico (Cuadro 11a, pág. 68) únicamente el valor medio del ácido propiónico del tratamiento con 5% de melaza resultó ser diferente, efecto que puede ser atribuido a este aditivo, y que pudiera deberse a que la -- cantidad de carbohidratos aportados no hayan sido utilizados -- del todo durante el proceso del ensilaje y los excedentes sean fermentados por las bacterias del rúmen produciéndose ácido propiónico. Por lo demás, el tipo de fermentación encontrada cuando se analizaron los AGV(s) en porcentaje molar es la característica de los productos fibrosos con los que se alimentan los rumiantes (Cuadro 12 y 12a, pág.69).

Cinética ruminal:

En el presente estudio no se encontraron diferencias significativas en los parámetros de la cinética ruminal de líquidos dados por la dieta o por el animal, la media encontrada para el volumen de líquidos en el rúmen fue de 9.5 litros, con un tiempo medio de residencia de 13.43 horas, y un recambio de 1.30 veces en 24 horas, el flujo o tasa de pasaje fue de 0.514 litros por hora (Cuadro 13 y 13a págs. 70 y 71).

En el caso de la fracción sólida no se encontraron diferencias en el volúmen con una media de 395g, así como tampoco para el T 1/2, encontrándose que el 50% de esta fracción se dirigió en 49.37 horas como promedio. El recambio fué diferente encontrándose incrementado en los animales que consumieron los ensilajes tratados con aditivos, principalmente los ensilajes - adicionados con melaza o con ácido fórmico; el ensilaje tratado con la mezcla de estos dos aditivos mostró un recambio intermedio entre el testigo y los dos anteriores.

Estadísticamente el flujo resultó ser similar en los cuatro tratamientos con una media de 6.30 g/hora, sin embargo, se notó una mayor tendencia de flujo de la fracción sólida del rúmen hacia los compartimientos posteriores en los animales que consumieron los ensilajes tratados, siendo más notoria esta tendencia con el ensilaje tratado con 5% de melaza en relación al testigo, 8.0 vs 4.2 g/hora. (Cuadro 14, pág. 72).

Al analizar conjuntamente el consumo, la digestibilidad y cinética de sólidos del rúmen, se pudo observar que los - tratamientos químicos aplicados al forraje antes de ser ensilados tuvieron repercusión directa sobre los factores antes mencionados, así se encontró una menor permanencia en el rúmen con una mayor tasa de recambio y digestibilidad, debido a que quizás la calidad de estos ensilajes propició un mayor consumo en relación al testigo.

CONCLUSIONES

En las condiciones en que se realizó el presente estudio no es recomendable el marchitado del forraje para incrementar el contenido de M.S., debido a que se degradan las proteínas y se producen ensilajes con valores de nitrógeno amoniacal y pH elevados con concentraciones de ácidos grasos volátiles inferiores en relación al forraje ensilado en fresco.

Los aditivos químicos empleados en el presente estudio mejoran la calidad del ensilaje, mayormente la melaza al 5% que incrementa la concentración de ácido láctico con reducción del acético.

Los tratamientos químicos aplicados al forraje duplican el consumo voluntario de la materia seca del ensilaje por los animales, debido a una mayor digestibilidad y a un mayor recambio ruminal. La melaza mejora la calidad del ensilaje y también el patrón de fermentación ruminal como lo demostró el hecho de haber encontrado mayores concentraciones de ácido propiónico en el rúmen.

BIBLIOGRAFIA

- AGUILERA, G.R., 1975. Dinámica de la fermentación del ensilaje de hierbas tropicales. 1. Elefante candelaria -- (P. purpureum) sin aditivos.- Rev. Cubana. Cienc. -- Agric. 9:235a.
- ANNISON, F.E. y Lewis M.A., 1966. El metabolismo en el rúmen. 1a. Ed. en Español. Uthea. México, D.F.
- A.O.A.C., 1975. Official methods of analysis, 12th ed, Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C., U.S.A.
- A.O.A.C., 1980. Official methods of analysis, 13th ed, Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C., U.S.A.
- AWOLUMATE, E.O. and F.O. Olubajo, 1982. The nutritive value of silages made from mixtures of citrus processing wastes and elephant grass as feed for ruminants. -- World Review of Animal Production. Vol. XVIII, --- (4);15.
- BAUMAN, D.E., Davis L.C. and Frobish A.R., 1971. Evaluation of polyethyleneglycol method in determining rumen -- fluid volume in dairy cows fed different diets. J. Dairy Sci. 54:928.
- BORES, Q.R., Rivas P.F., Castellanos R.A., 1986. Características del ensilaje de pasto Taiwan adicionando diversas fuentes de nitrógeno. Téc. Pec. Méx. No. 50:160

- CATCHPOOLE, V.R., and Williams W.T., 1970. The silage fermentation of some tropical pasture plants. Proc. XI -- Int. Grass. Cong.
- CATCHPOOLE, V.R. and Henzell F.E., 1971. Silage and silage making from tropical herbage species. Herbage Abs. - Vol. 41 (3);213.
- CATCHPOOLE, V.R., 1966. Laboratory silage of *Setaria sphacelata* (Nandi) with molasses. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 6, 76
- CRAMPTON, W.E. y Harris E.L., 1974. Nutrición animal aplicada 2a. Ed. Editorial Acribia, Zaragoza. España, p.106.
- COTTYN, B.G. and Boucque V, CH., 1968. Rapid method for the gas chromatographic determination of volatil fatty acids. J. Agric. Fd. Chem., 16:105.
- CZERKAWSKI, J.W. and Breckenridge, G., 1969. Distribution of PEG in suspensions of food particles, especially sugar beet pulp and dried grass pellets. Brit. J. -- Nutr. 23:559.
- DOMINGUEZ, G., Hardy C. y Ayala R.J., 1982. Efectos de la edad de corte y niveles de miel final en la calidad de ensilado de King grass (*P. purpureum* x *P. thyphoides*). Rev. Cubana Cienc. Agric. 16:89.
- ELLIS, C.W. and C. Lazcano, 1980. Solute and particulate flow markers. Protein Symposium. Oklahoma State University. p.37.

- FAIHNEY, G.J., 1975. The use of markers to partition digestion within the gastrointestinal tract of ruminants. Proc. IV Int. Symp. Ruminant Physiol. I.W. McDonald and A. C.I. Warner. Ed. Univ. of New England Press. Armidale N.S.W. Aust. p. 277-291.
- FENTON, T.W. and Fenton M, 1979. An improved procedure for -- the determination of chromic oxide in feed and feces. Can. J. Anim. Sci., 59:631.
- F.I.R.A., 1980. Financiamientos bancarios al sector agropecuario en las regiones tropicales de México y participaciones del FIRA, XXV Aniversario.
- GOERING, H.K. y P.J. Van Soest, 1975. Forage fiber analysis. -- Agriculture handbook No.379. Agricultural Research Service. U.S.A.
- GOMEZ, J., Viniegra G.G., 1981. Orientation of sugar fermentation inoculated heterogenous microbes population from cowdung. Advances in Biotechnology, 2:627.
- GUPTA, M.L., K. Pradham, 1977. Chemical and Biological evaluation of ensiled wheat straw. J. Dairy Sci., 60(7) 1088.
- HINGSTON, R.A. and Christensen, A.D., 1982. The effect of type of silo and formic acid preservation on the nutritive value of barley, wheat and oat silages for growing -- hereford steers. Can J. Anim. Sci. 62:155.
- HYDEN, S., 1955. A turbidimetric method for the determination of higher polyethyleneglycols in biological materials. Citado por Malawer and Powell en Gastroenterology. Vol. 53 (2);250. (1967).

- JACOBS, M.B., 1965. The chemical analysis of foods and food -- products. 3th ed. D. Van Nostrand Company, Toronto.
- JACKSON, N., Forbes T.J., 1970. The voluntary intake by cattle of four silages differing in dry matter content. Anim. Prod. 12:591.
- KAY, P.N.B., 1969. Effects of Tannic acid on the solubility of P.E.G. Proc. Nutr. Soc. 28:22-23
- KOTB, A.K. and Luckey T.D., 1972. Markers in nutrition. Nut. - Abs. Rev. 42:813.
- LAKSESVELA, B. and Said, N.A., 1978. Tropical versus temperate grasses. World Review of Animal Production. Vol. -- XIV No. 3:49.
- LENG, R.A. y Preston T.R., 1976. "Caña de azúcar en la producción bovina". Limitaciones actuales, perspectivas y prioridades para la investigación. Prod. Anim. Trop. I:1-22
- MALAWER, J.S. and Powell W.D., 1967. An improved turbidimetric analysis of polyethyleneglycol utilizing and emulsifier. Gastroenterology. Vol. 53 (2);250.
- MCCULLOUGH, M.E., 1977. Factors influencing the net energy content of silages. World Rev. of Anim. Prod. Vol. XIII. No. 2:83.
- MCDONALD, P. and Whittenbury, R., 1967. Losses during ensilage. Occ. Symp. 3Br. Grassland Soc. 76.

- McRAE, J.C., Campbell D.R. and Eadie J., 1975. J. Agr. Sci. 84, 125.
- MILLER, W.J., Clifton, C.M., Cameron, N.M., 1963. Ensiling characteristics of coastal Bermuda grass harvested at -- pre-head and full-head stages of growth. J. Dairy -- Sci. 46:727
- MILLER, T.B., 1969. Forage conservation in the tropics. J. Br. grassland. Soc. 24, 158:62.
- MINSON, D.J. and McLeod, M.N., 1970. The digestibility of -- temperate and tropical grasses. Proc. XIth Internat. Grassland Congr. 719-22.
- MINSON, D.J., McLeod, M.N., 1972. The in vitro technique its -- modification for estimating digestibility of large -- numbers of tropical pasture samples. Division of tropical pastures. Technical paper No.8 C. Sci. and Ind. Res. Org. Australia.
- OJEDA, F., y Varsolomiev, G., 1982. Efecto de los aditivos -- químicos sobre la calidad de los ensilajes de Pangola. Pastos y Forrajes. 5:359.
- OLUBAJO, F.O., 1981. The feeding value of two tropical grass -- and grass. Pineapple pulp silages. World Rev. Anim. Prod. Vol. XVII (4);37.
- PALOHEIMO, L. and Mäkelä, A., 1959. Citado por Van Soest en Nutritional Ecology of the Ruminant, 1982. O & B. Books. Inc. p.219.

- PAYNE, A.J.W., 1970. Cattle productions in the tropics. Vol. 1 Breeds and Breeding. Logman Groups. Ltd. p.5. Great Britain.
- PEREZ, G.P., Cardoza N., Viniegra G., 1976. Rev. Cubana Cienc. Agric. 10:67.
- REYES, Y. and Sutherland T.M., 1969. Effect of cutting frequency on the in vitro digestibility of some tropical forages during the dry season. Rev. Cubana Cienc. Agr. Vol. 3 (2);175.
- ROCHA, P.G., Vera R.R., 1981. Structural carbohydrates, protein and in vitro digestibility of eight tropical grasses. Turrialba Vol. 31 (1);15.
- RUILOBA, E. de F., Rufiz E.M. y Ruiloba M.H., 1980. Adiciones de melaza y urea en ensilaje de pasto Panamá (P. purpureum PI300-086) Cienc. Agrop. 3:95.
- S.A.R.H., 1982. El desarrollo agroindustrial y la ganadería en México.-INFORME.
- SHIMADA, A.S., Rodríguez, G.F., Cuarón J.A., 1986. Engorda de ganado bovino en corrales. 1a. Ed. Editado por Consultores en Producción Animal S.C., México, D.F., 98.
- STEEL, D.G.R., Torrie H.J., 1980. Principles and procedures of statistics. McGraw Hill Kogakusha, Ltd.
- TAMAYO, J.L., 1963. Atlas geográfico general de México 2a. ed. Instituto Mexicano de Investigaciones Económicas.

- TAYLER, J.C., 1970. Valor nutritivo de los piensos conservados para los rumiantes; en conservación de forrajes. Ed. Acricbia. España, 46.
- TEETER, G.R., Owens N.F., 1983. Characteristics of water soluble markers for measuring rumen liquid volume and dilution rate. J. Anim. Sci. vol. 56 (3);71/.
- TOSI, H., Bonasi A.I., Silveira C.A. y Faria P.V., 1983. Avila cao quimica de silagens de capim-elefante cultivar - A 148. Pesquisa agropecuaria Brasileira. 18:67.
- UDEN, P., Colucci E.P. and Van Soest J.P., 1980. Investigation of chromium, cerium and cobalt as markers in digesta rate of passage studies. J. Sci. Food Agric. 31:625
- VAN SOEST, P.J., Wine H.R., 1967. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. Determination of plant cell-wall constituents. J. Assoc. of Anal. Chem. 50:50.
- VAN SOEST, J.P., 1982. Nutritional Ecology of the Ruminant. O & B. Books, Inc. 1215 NW Kline Place. Corvallis, Oregon 97330. U.S.A.
- VERA CRUZ, N.C., 1951. Making grass silage Phillip. Agric. - 1951. 35:266.
- WALDO, D.R., Smith L.W., Miller R.W. and Moore L.A., 1969. -- Growth intake and digestibility of formic acid silage versus hay. J. Dairy Sci. 52:1609.
- WALDO, D.R., Keys J.E. Jr. and Gordin C.H., 1973. Preservation efficiency and dairy heifer response from unwilted - formic and wilted untreated silages. J. Dairy Sci. 56:129.

- WIERINGA, G.W., 1958. The effect of wieting on butyric acid --
fermentation in silage. Neth J. Agric. Sci. 6,204:10
- WILKINSON, J.M., Wilson, F.R. and Barry N.T., 1976. Factors --
affecting the nutritive value of silage, Outlook --
Agric. 9:3.
- WILSON, F.R., and Wilkins, R.J., 1973. J. Agric. Sci. Camb. --
80:225.
- WOOLFORD, M.K., 1984. The silage fermentation. Marcel Dekker.
INC.-U.S.A.

A P E N D I C E

CUADRO 2. COMPOSICION QUIMICA DEL PASTO MERKERON (*P. purpureum*) ANTES DE SER ENSILADO FRESCO O MARCHITO, TRATADO CON O SIN ADITIVOS

		% DE MELAZA			
		0	5	0	5
ACIDO FORMICO		F R E S C O		M A R C H I T O	
l/ton	MS	25.8	25.6	38.6	42.1
	pH	6.4	5.4	6.5	6.0
	PC	4.8	4.8	5.8	5.3
	$N-NH_3 \times 10^{-2}$.78	.62	2.2	3.1
	MS	24.0	27.6	41.8	41.6
	pH	3.9	4.0	4.3	4.1
	PC	6.8	5.0	5.0	4.3
	$N-NH_3 \times 10^{-2}$.56	.43	1.9	.72

A excepción del pH, todos los valores están expresados en porcentaje.

CUADRO 3. COMPOSICION QUIMICA FINAL EXPRESADA EN g/100 MS¹, --
DEL PASTO MERKERON ENSILADO FRESCO O MARCHITO Y TRA-
TADO CON ADITIVOS

ACIDO FORMICO		TIPO DE FORRAJE				
		FRESCO		% DE MELAZA	MARCHITO	
		0	5		0	5
0	ℓ/ton MS	26.500	28.300		32.300	45.000
	pH	4.330	3.820		5.1	4.400
	PC	4.780	4.310		5.38	5.110
	N-NH ₃	0.058	0.037		0.093	0.036
	LACTICO	0.230	0.930		0.225	0.380
	ACETICO	2.290	2.050		0.960	0.020
	PROPIONICO	0.200	0.210		0.810	0.100
	ETANOL	2.100	3.430		1.310	1.550
5	MS	25.800	27.000		38.000	43.160
	pH	4.330	4.120		5.480	4.850
	PC	6.540	5.910		4.810	4.380
	N-NH ₃	0.042	0.027		0.078	0.025
	LACTICO	0.002	0.134		0.040	0.064
	ACETICO	1.140	0.460		0.640	0.270
	PROPIONICO	0.280	0.190		0.340	0.150
	ETANOL	1.910	2.030		1.030	1.550

¹Excepto el pH

CUADRO 4. ANALISIS DE VARIANZA PARA MS, pH, PC, N-NH₃ EN MICROENSILAJES DE --
1 KG DE PASTO MERKERON CON ADITIVOS.

ORIGEN DE LA VARIACION	gl	CUADRADOS		MEDIOS	
		MS	pH	PC	N-NH ₃
Tipo de forraje (T)	1	40.04	1.26*	0.51	.0093*
Melaza (M)	1	39.50	0.20	0.86	.0010
Fórmico (F)	1	0.37	32.20*	0.25	.0020
T x M	1	118.37*	0.32	0.20	.0170*
T x F	1	4.16	0.37	0.02	.0017
M x F	1	4.70	0.35	1.36	.0098*
T x M x F	1	21.49	0.22	1.45	.0000
Error	16	9.79	0.12	0.56	.0011

*(P<.05)

CUADRO 4a. ANALISIS DE VARIANZA PARA ACIDOS: LACTICO, ACETICO, PROPIONICO, BUTIRICO Y ETANOL EN MICROENSILAJES DE 1 KG DE PASTO MERKERON CON ADITIVOS.

ORIGEN DE LA VARIACION	gl	CUADRADOS MEDIOS			
		LACTICO	ETANOL	ACETICO	PROPIONICO
Tipo de forraje (T)	1	.1295	6.09*	3.511*	.0051
Melaza (M)	1	.3827*	1.85*	0.573*	.0443*
Fórmico (F)	1	.8713*	1.32	5.438*	.0248*
T x M	1	.1635	0.17	0.136	.0137
T x F	1	.1054	0.65	1.039*	.0087
M x F	1	.1815	0.33	0.281	.0147
T x M x F	1	.0718	0.84	9×10^{-5}	.0003
Error	16	.52543	0.63	0.098	.0031

Nota: No se detectó ácido butírico

CUADRO 6. CARACTERISTICAS COMPOSICIONALES* DE ENSILAJES DE 150 Kg DE PASTO MERKERON (*P. purpureum*) TRATADOS CON MELAZA O ACIDO FORMICO

ADITIVO	TESTIGO	5% MELAZA (M)	5 L. DE FORMICO (F)	M + F
pH	3.93	3.76	4.33	4.03
Materia seca, %	20.0	26.33	30.66	30.0
Proteína cruda, %	5.936	4.716	4.078	4.352
Nitrógeno amoniacal, %	0.0842	0.0476	0.0416	0.0304
Acido acético, %	5.60	3.223	1.911	2.013
Acido propiónico, %	0.411	0.569	0.196	0.366
Acido butírico, %	0.442	0.138	0.936	1.266
Acido láctico, %	0.445	0.805	0.152	0.318
Etanol, %	0.733	1.044	1.230	3.014

*Con base en materia seca

CUADRO 7. MEDIAS DE LAS FRACCIONES DE FIBRA EN EL PASTO MERKERON (*P. purpureum*) ANTES DEL ENSILADO, EN EL ENSILADO Y CAMBIOS OCURRIDOS DURANTE EL PROCESO FERMENTATIVO.

		TESTIGO	-5% DE MELAZA	5 L AC. FORMICO	MELAZA + FORMICO
F.N.D.	a	67.70	62.90	70.1	65.10
	b	54.37	63.10	62.7	63.70
	c	-13.33	0.23	-7.40	-1.33
F.A.D.	a	59.10	54.00	54.5	51.40
	b	55.00	52.30	51.8	49.80
	c	-4.13	-1.73	-2.66	-1.56
CELULOSA	a	50.26	41.70	42.20	45.60
	b	44.20	42.00	40.60	42.10
	c	-6.00	0.30	-1.63	-3.53
HEMICELULOSA	a	10.50	12.40	10.93	13.96
	b	1.53	15.86	5.53	12.96
	c	-8.97	3.46	-5.40	-1.03

^aEn el forraje antes de ser ensilado

^bEn el ensilaje

^cCambios ocurridos durante el proceso fermentativo

CUADRO 8. ANALISIS DE VARIANZA DE LOS CAMBIOS OCURRIDOS A LAS FRACCIONES DE FIBRA EN ENSILAJES DE PASTO MERKERON (*P. purpureum*).

ORIGEN DE LA VARIACION	gl	CUADRADOS		MEDIOS	
		F.N.D.	F.A.O.	CELULOSA	HEMICELULOSA
Melaza	1	289.1*	9.185	0.908	2.6698*
Fórmico	1	14.3	1.998	11.02	0.98
Melaza/fórmico	1	42.2	1.26	98.04	26.98
Error	8	6.065	2.703	5.98	13.84

*($P < .05$)

CUADRO 10a. ANALISIS DE VARIANZA DEL CONSUMO, DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LA MATERIA SECA Y DE LAS FRACCIONES DE FIBRA DE ENSILAJES DE PASTO MERKERON (P. purpureum)

ORIGEN DE LA VARIACION	gl	CUADRADOS		MEDIOS		
		CONSUMO	DIG.MS, %	F.N.D.	CELULOSA	HEMICE-LULOSA
Tratamiento	3	48682*	514.91*	1746.0*	997.8*	773 *
Período	3	21819	351.68	93.8	227.3	1271 *
Animal	3	5169	162.5	340.8	862.5*	555 *
Error	6	5292	79.29	147.3	129	51

CUADRO 11a. ANALISIS DE VARIANZA DE LA PRODUCCION DE A.G.V., (Mol/ml)
 EN EL RUMEN DE OVINOS ALIMENTADOS CON ENSILAJE DE PASTO
 MERKERON (P. purpureum) TRATADO CON ADITIVOS

OV	gl	ACETICO	PROPIONICO	BUTIRICO
Dieta	3	0.0081	0.0014 *	0.00009
Periodo	3	0.0110	0.0020 *	0.00003
Animal	3	0.0001	0.0004	0.00001
Error	6	0.0220	0.0002	0.00012

(P<.05)

CUADRO 12. MEDIAS DE LA PRODUCCION DE ACIDOS GRASOS VOLATILES EXPRESADOS COMO PORCENTAJE MOLAR EN EL RUMEN DE OVINOS ALIMENTADOS CON - ENSILAJE DE PASTO MERKERON (P. purpureum) TRATADO CON ADITIVOS

ACIDO	TESTIGO	5% MELAZA	5L FORMICO	5% M + 5 LF
Acético	69.238	57.422	68.650	59.972
Propiónico	22.280	32.836	22.393	28.988
Butírico	8.482	10.172	8.957	11.040

CUADRO 13. MEDIAS DE LA CINETICA DE LA FRACCION LIQUIDA EN EL RUMEN DE OVINOS ALIMENTADOS CON ENSILAJES DE PASTO MERKERON (P. purpureum).

	A D I T I V O S			
	0	5% MELAZA	5L FORMICO	MELAZA + FORMICO
Volúmen, ℓ	9.220	8.740	10.220	9.920
Tiempo 1/2 h	14.380	12.940	14.540	11.850
Recambio 24 h	1.203	1.343	1.216	1.453
Flujo ℓ h	0.461	0.491	0.514	0.590

CUADRO 13a. ANALISIS DE VARIANZA DE LA CINETICA DE LA FRACCION LIQUIDA EN EL RUMEN DE OVINOS ALIMENTADOS CON ENSILAJES DE PASTO MERKERON

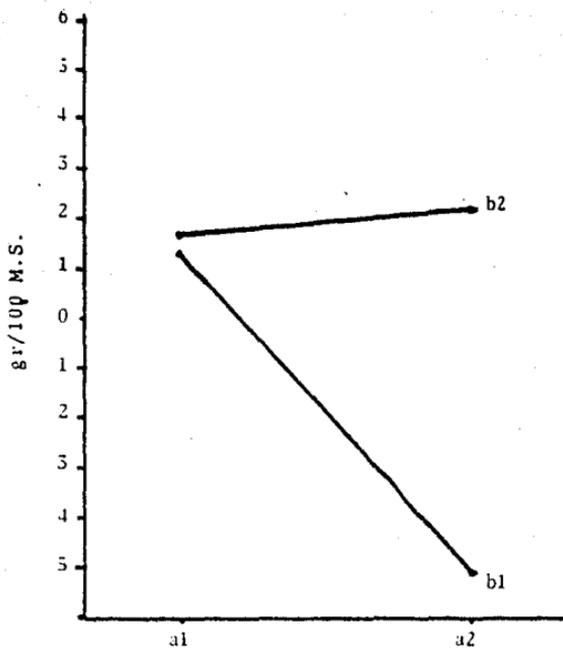
ORIGEN DE LA VARIACION	gl	CUADRADOS MEDIOS			
		VOLUMEN, c	TIEMPO $\frac{1}{2}$	RECAMBIO	FLUJO
Dieta	3	1.80	6.54	0.056	0.014
Perfodo	3	0.45	2.55	0.035	0.004
Animal	3	1.04	33.64*	0.221	0.047*
Error	6	1.50	6.98	0.052	0.0085

CUADRO 14. MEDIAS DE LA CINETICA DE SOLIDOS EN EL RUMEN DE OVINOS ALIMENTADOS CON ENSILAJES DE PASTO MERKERON

	A D I T I V O S			
	0	5% MELAZA	5L FORMICO	MELAZA + FORMICO
Volúmen, g	336.00	424.00	347.00	471.00
Tiempo, 1/2h	63.00	40.58	38.57	55.33
Recambio/24h	0.267a	0.444b	0.496b	0.373ab
Flujo g/h	4.20	8.00	6.80	6.30

En el mismo renglón valores con diferente literal difieren estadísticamente (P>0.05)

GRAFICA 1



a1= Forraje fresco

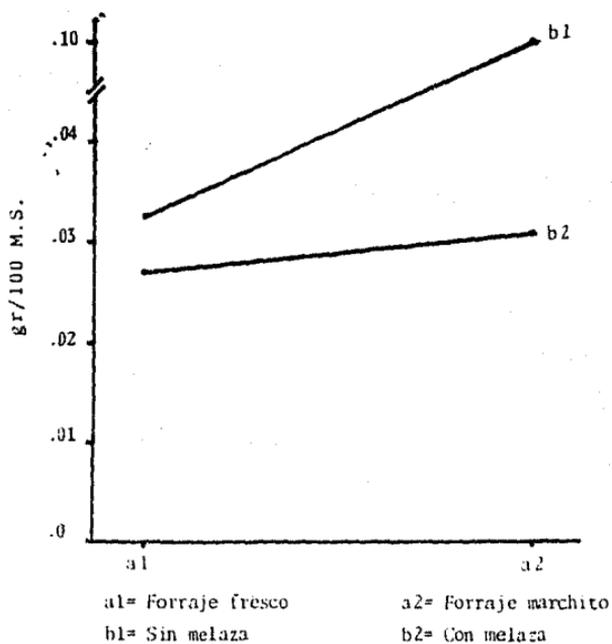
a2= Forraje marchito

b1= Sin melaza

b2= Con melaza

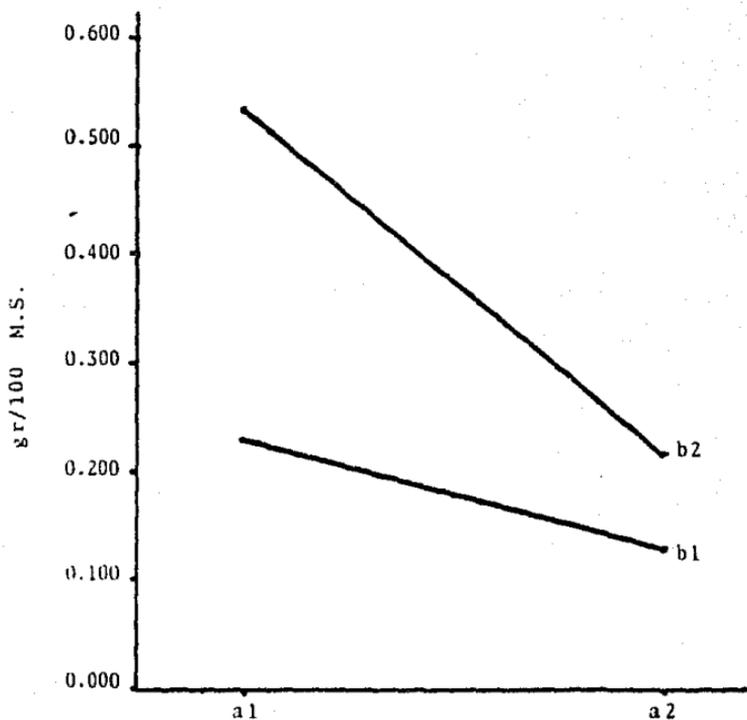
EFFECTO DE LA INTERACCION TIPO DE FORRAJE -
X MELAZA SOBRE LA MATERIA SECA DEL PASTO -
MERKERON (*P. purpureum*) ENSILADO.

GRAFICA 2



EFFECTO DE LA INTERACCION, TIPO DE FORRAJE X MELAZA SOBRE EL NITROGENO AMONICAL EN ENSILAJES DE PASTO MERKERON (P. purpureum)

GRAFICA 3



a1= Forraje fresco

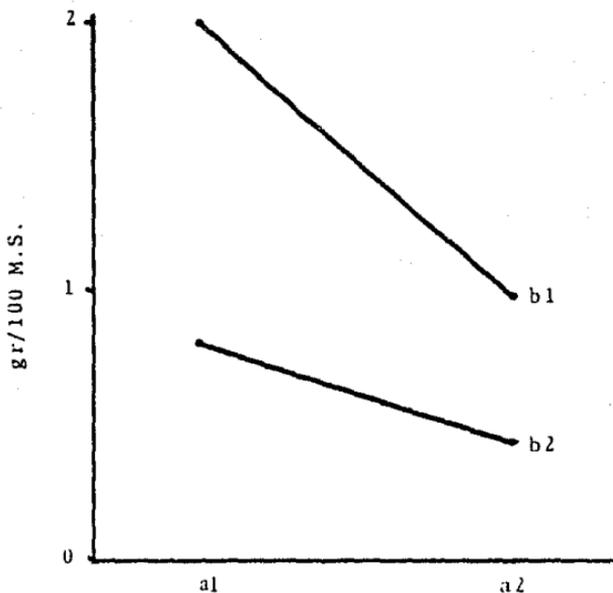
a2= Forraje marchito

b1= sin melaza

b2= Con melaza

EFFECTO DE LA INTERACCION, TIPO DE FORRAJE
Y MELAZA SOBRE LA PRODUCCION DE ACIDO LAC-
FICO EN ENSILAJES DE PASTO MERKERON (P. --
purpureum).

GRAFICA 4



a1= Forraje fresco

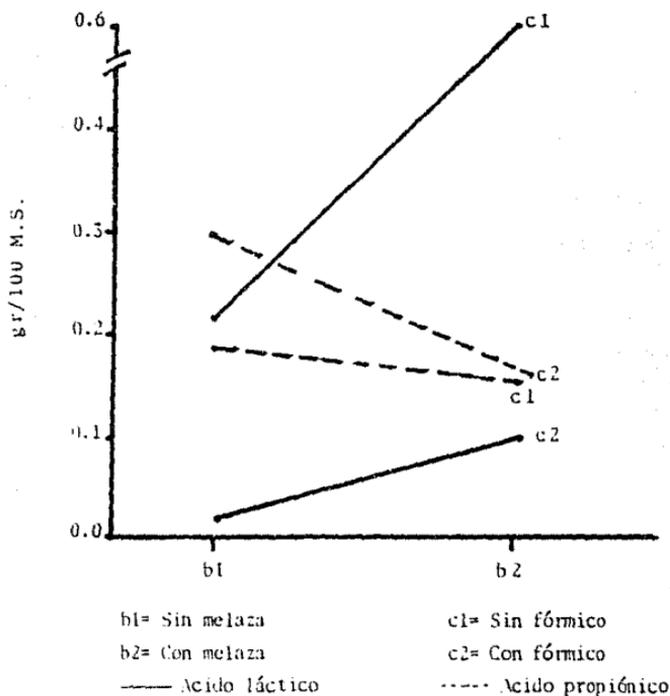
a2= Forraje marchito

b1= Sin fórmico

b2= Con fórmico

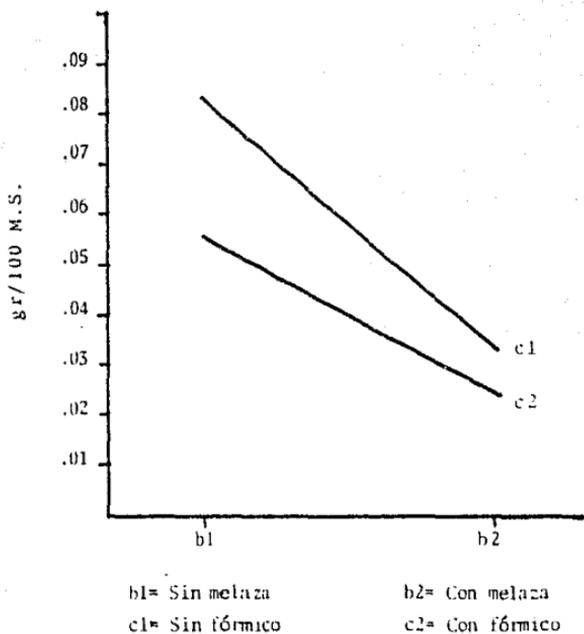
EFEECTO DE LA INTERACCION TIPO DE FORRAJE
X ACIDO FORMICO SOBRE LA CONCENTRACION
DE ACIDO ACETICO EN ENSILAJES DE PASTO
MERKERON (P. purpureum).

GRAFICA 5



EFFECTO DE LA INTERACCION MELAZA X ACIDO FORMICO SOBRE LA PRODUCCION DE ACIDO LACTICO Y PROPIONICO EN ENSILAJES DE PASTO MERKERON -- (P. purpureum).

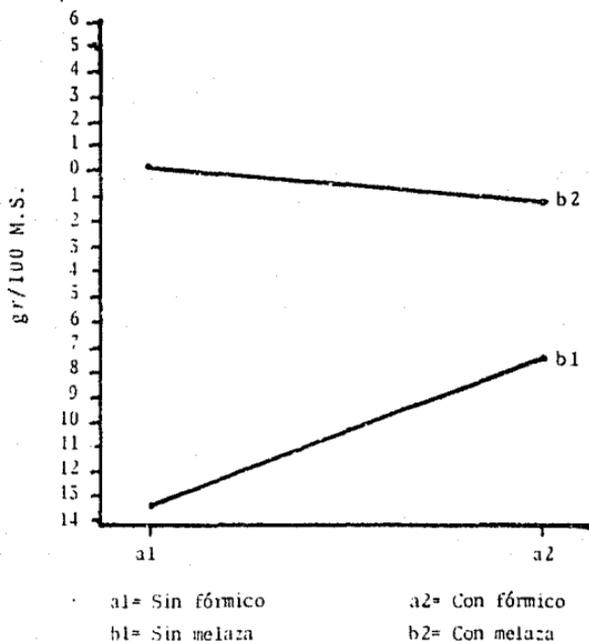
GRAFICA 6



EFFECTO DE LA INTERACCION MELAZA X ACIDO FORMICO SOBRE EL NITROGENO AMONICAL EN ENSILAJES DE PASTO MERKERON (P. purpureum)

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

GRAFICA 7



EFFECTO DE LA INTERACCION MELAZA X ACIDO
FORMICO SOBRE LA FIBRA NEUTRO DETERGENTE
EN ENSILAJES DE PASTO MERKERON (P. purpu-
reum).

GRAFICA 8

EFFECTO DE LA INTERACCION MELAZA X ACIDO FORMICO SOBRE LA CELULOSA EN ENSILAJES DE PASTO MERKERON (P.purpureum)

