

**CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y  
ENSEÑANZA**

**PROGRAMA DE ENSEÑANZA**

**AREA DE POSGRADO**

**EFFECTO DEL PREMARCHITADO Y LA ADICION DE MELAZA SOBRE LA  
CALIDAD DEL ENSILAJE DE DIFERENTES FOLLAJES DE ARBOLES Y  
ARBUSTOS TROPICALES.**

Tesis sometida a la consideración del Comité Técnico de Postgrado y Capacitación del programa de Enseñanza en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del Centro Agronomico Tropical de Investigación y Enseñanza, para optar al grado de

*Magister Scientiae*

por

**MIGUEL ANGEL VALLEJO SOLIS**

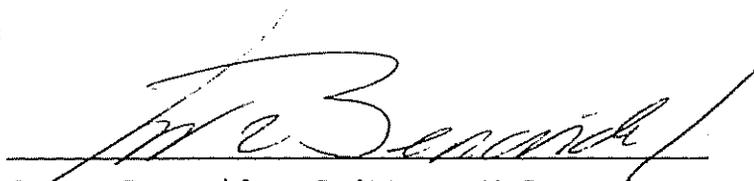
**Turrialba, Costa Rica**

**1 9 9 5**

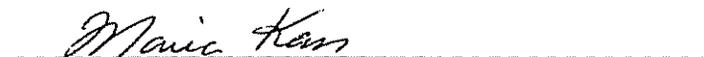
Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma, por la Jefatura del Area de Postgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del CATIE y aprobada por el Comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar al grado de:

## MAGISTER SCIENTIAE

FIRMANTES:



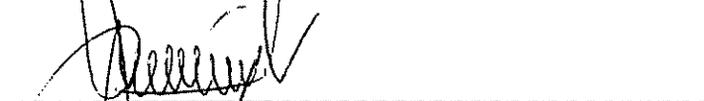
Jorge Benavides Grütter, M.Sc.  
Profesor Consejero



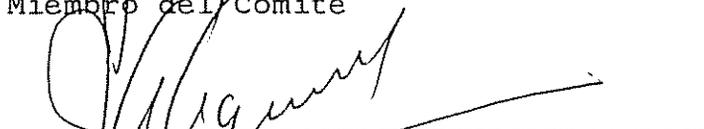
María Kass, Ph.D.  
Miembro del Comité



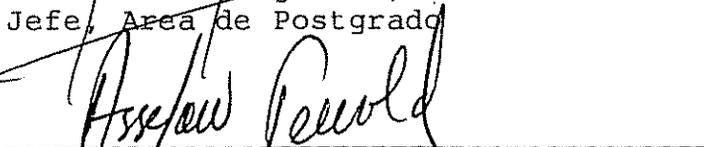
Arnolfo Ruiz, Ph.D.  
Miembro del Comité



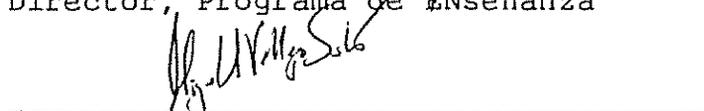
Carlos Jiménez Crespo, B.Sc.  
Miembro del Comité



Juan Antonio Aguirre, Ph.D.  
Jefe, Area de Postgrado



Assefaw Tewolde, Ph.D.  
Director, Programa de Enseñanza



Miguel Angel Vallejo Solís  
Candidato

## AGRADECIMIENTOS

A Dios Todopoderoso, por darme la vida y la oportunidad de poder capacitarme profesionalmente.

Al Profesor Consejero, M.Sc. Jorge Benavides G., por su amistad y por su invaluable apoyo en la realización de este trabajo.

A los miembros del Comité Asesor, Dra. María Kass, Dr. Arnoldo Ruiz y B.Sc. Carlos Jiménez, por su dedicación y asesoramiento en la investigación.

A la Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), por ofrecerme la beca para realizar mis estudios; y al Dr. Arnim Bonnemann, ex-Líder del Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ, por su interés y apoyo en el trabajo efectuado.

Al Dr. Félix Ojeda, investigador de la Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey", Matanzas, Cuba, por la revisión de los datos, los aportes brindados y el entusiasmo por esta investigación; y a la señora Alicia Ojeda, Editora de la Revista "Pastos y Forrajes" de esta Estación, por su colaboración en la búsqueda de literatura para la tesis.

A los señores Franklin López y Carlos Aguirre, por su amistad y colaboración en la etapa de laboratorio; y al Químico Javier Vargas León, por su amistad y orientación en los análisis de cromatografía de gases.

A Jorge Esquivel, Carlos Chacón, Adolfo Cerdas, Víctor Hugo Vindas, Ricardo Leiva y Jorge Rojas en Puriscal; y a Macario Fuentes, Minor Torres, Francisco Núñez, Marcos Fuentes, Marvin Solano, Alexis Camacho y Jaime Obando en Turrialba, por el apoyo brindado en el trabajo de campo.

A mis compañeros de promoción, Jorge Navia, Silas Mochiutti, Francisco Oviedo y Mauricio Torres, por la amistad y horas de estudio compartidas durante los años de maestría.

## DEDICATORIA

A mi esposa, Evelyn María,  
la ayuda idónea que Dios me ha dado.

A mis hijas, Irene María y Ana Lorena,  
alegrías que llenan mi vida.

A mis padres, Hilda y Miguel,  
por su gran ejemplo y dedicación.

"El amor del Señor no tiene fin,  
ni se han agotado sus bondades".

Lm 3:22

## BIOGRAFIA

El autor nació el 9 de noviembre de 1964 en San José, Costa Rica. Los estudios primarios y secundarios los realizó en el Colegio La Salle en San José. En la Universidad de Costa Rica, obtuvo el grado académico de Licenciado en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia, en abril de 1989.

Entre 1988 y 1989 trabajó como instructor en la Escuela de Zootecnia de la Universidad de Costa Rica, estableciendo el Programa y Curso de Pequeños Rumiantes. En 1988 también impartió clases en la Escuela Centroamericana de Ganadería (ECAG). Durante este mismo período fungió como presidente del Comité Pro-Planta Procesadora de Leche de Cabra, de la Asociación Costarricense de Criadores de Cabras (A.C.C.C.). Después de la apertura de la planta, trabajó como administrador de la misma durante seis meses.

Desde octubre de 1989 hasta enero de 1993, trabajó como Coordinador del Proyecto Cabras CATIE/GTZ en la zona de Puriscal, San José. El propósito del proyecto era la investigación y capacitación en árboles forrajeros y cabras, y se llevaba a cabo entre el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), el Centro Agrícola Cantonal de Puriscal (CACP), el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y el Proyecto de Desarrollo Agrícola y Forestal de Acosta y Puriscal (PRODAF/GTZ).

En enero de 1993 ingresó al Programa de Enseñanza en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), donde obtuvo el grado de *Magister Scientiae* en febrero de 1995.

## CONTENIDO

SUMMARY.....	ix
RESUMEN.....	x
LISTA DE CUADROS EN EL TEXTO .....	xi
LISTA DE CUADROS EN ANEXO 2 .....	xiv
LISTA DE FIGURAS EN EL TEXTO .....	xv
1.- INTRODUCCION.....	5
2.- REVISION DE LITERATURA.....	7
2.1 Generalidades del ensilaje .....	7
2.2 Evaluación de la calidad de los ensilajes.....	7
2.2.1 Indicadores organolépticos .....	7
2.2.2 Indicadores fermentativos .....	8
a) Materia seca.....	8
b) pH .....	8
c) Acido acético .....	9
d) Acido butírico .....	9
e) Acido láctico .....	10
f) Nitrógeno amoniacal en relación al nitrógeno total.....	11
2.3 Consideraciones tecnológicas.....	12
2.3.1 Presecado .....	12
2.3.2 Aditivos.....	12
2.4 Uso potencial de los árboles y arbustos forrajeros .....	13
2.5 Ensilaje de árboles y arbustos forrajeros.....	16
2.5.1 Evaluaciones en climas templados .....	16
2.5.2 Evaluaciones en climas tropicales .....	16
2.5.3 Consumo de ensilaje de árboles y arbustos por rumiantes .....	19
3.- MATERIALES Y METODOS .....	21
3.1 Localización.y aspectos biofísicos .....	21
3.2 Descripción de los experimentos.....	21
3.2.1 Evaluación con microsilos.....	21
3.2.1.1 Tratamientos .....	22
3.2.1.2 Muestreo .....	22

3.2.1.3	Variables estudiadas y análisis de laboratorio .....	23
3.2.1.4	Diseño experimental .....	24
3.2.2	Pruebas de respuesta animal.....	24
3.2.2.1	Técnica de ensilaje .....	26
3.2.2.2	Manejo de los animales y la alimentación.....	26
3.2.2.3	Tratamientos y diseño experimental .....	27
3.2.2.4	Toma de información y muestreos .....	28
3.2.2.5	Análisis de laboratorio.....	28
3.2.2.6	Variables estudiadas.....	29
3.3	Análisis estadísticos.....	29
4.-	RESULTADOS Y DISCUSION.....	31
4.1	Evaluación con micrósilos .....	31
4.1.1	Contenido de materia seca (MS).....	31
4.1.1.1	Efecto del ensilado.y del premarchitamiento.....	31
4.1.1.2	Efecto del aditivo .....	33
4.1.1.3	Observaciones por especie .....	34
4.1.2	Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca .....	34
4.1.2.1	Efecto del ensilado .....	34
4.1.2.2	Efecto del premarchitado.....	36
4.1.2.3	Efecto del aditivo .....	37
4.1.2.4	Observaciones por especie .....	38
4.1.3	Proteína cruda (PC) .....	39
4.1.3.1	Efecto del ensilado .....	39
4.1.3.2	Efecto del premarchitado.....	41
4.1.3.3	Efecto del aditivo .....	42
4.1.4	Nitrógeno amoniacal en relación al nitrógeno total (NH <sub>3</sub> /NT).....	43
4.1.4.1	Efecto del premarchitado.....	43
4.1.4.2	Efecto del aditivo .....	45
4.1.5	Acidez (pH) .....	47
4.1.5.1	Efecto del premarchitado.....	47
4.1.5.2	Efecto del aditivo .....	48
4.1.6	Acido acético (% de la MS) .....	49

4.1.6.1	Efecto del premarchitado.....	49
4.1.6.2	Efecto del aditivo .....	50
4.1.7	Acido butírico (% de la MS).....	51
4.1.7.1	Efecto del premarchitado.....	51
4.1.7.2	Efecto del aditivo .....	52
4.1.8	Acido láctico (% de la MS).....	53
4.1.8.1	Efecto del premarchitado.....	53
4.1.8.2	Efecto del aditivo .....	54
4.1.9	Indicadores organolépticos .....	55
4.1.9.1	Efecto del premarchitado.....	55
4.1.9.2	Efecto del aditivo .....	56
4.2	Respuesta animal .....	58
4.2.1	Características bromatológicas de los forrajes.....	58
4.2.2	Indicadores fermentativos de los ensilajes.....	61
4.2.3	Indicadores organolépticos de los ensilajes.....	63
4.2.4	Consumo .....	63
4.2.5	Selectividad .....	68
4.2.6	Producción de leche .....	69
4.2.7	Balance alimentario .....	72
4.3	Caracterización de los ensilajes por especie.....	76
4.3.1	Chicasquil ( <i>Cnidocolus aconitifolius</i> ) .....	76
4.3.2	Morera ( <i>Morus</i> sp.) .....	77
4.3.3	Sauco amarillo ( <i>Sambucus canadensis</i> ).....	78
4.3.4	Jocote ( <i>Spondias purpurea</i> ) .....	80
4.3.5	Tora blanca ( <i>Verbesina turbacensis</i> ).....	81
4.3.6	Guácimo ( <i>Guazuma ulmifolia</i> ) .....	82
4.3.7	Amapola ( <i>Malvaviscus arboreus</i> ) .....	83
4.3.8	Nacedero ( <i>Trichantera gigantea</i> ) .....	85
5.-	CONCLUSIONES .....	87
5.1	Generales.....	87
5.2	Por especie .....	88
6.-	RECOMENDACIONES.....	90
7.-	LITERATURA CITADA.....	91
8.-	ANEXO 1.....	107
9.-	ANEXO 2.....	110

VALLEJO, M.A. 1995. Effect of dehydration and addition of molasses on silage quality of different tropical fodder trees and shrubs.

**Key words:** Silage, fodder trees and shrubs, ruminant alimentation, intake, milk production, goats.

## SUMMARY

Silage quality of different tropical fodder trees and shrubs was studied through microsilage techniques and intake trials using lactating dairy goats.

The work was conducted in two phases: In phase I, microsilages were prepared from 3-month regrowth of Amapola (*Malvaviscus arboreus*), Chicasquil fino (*Cnidocolus aconitifolius*), Guácimo (*Guazuma ulmifolia*), Jocote (*Spondias purpurea*), Morera (*Morus* sp.), Nacedero (*Trichantera gigantea*), Sauco Amarillo (*Sambucus canadensis*) y Tora Blanca (*Verbesina turbacensis*). For each fodder species, treatments were applied according to a 2\*2 factorial arrangement, in a complete randomized design. Factors studied were two levels of molasses (0 and 5%) added during ensiling and the partial dehydration or no dehydration of the fodder prior to ensiling. Response variables considered were: dry mater (DM) content; crude protein (CP) content; ammonia nitrogen as percent of total nitrogen (NH<sub>3</sub>/TN); *in vitro* DM digestibility (IVDMD); pH; acetic (Ac<sup>-</sup>), butyric (Bu<sup>-</sup>) and lactic (lac<sup>-</sup>) acid contents; and organoleptic indicators. In phase II, silages of partially dehydrated Amapola, Jocote, Morera and Sauco forage were prepared in 17.5 kg polyethylene bags (PVC) and fed as the only diet to lactating dairy goats, according to a 4\*4 latin square design. Analyzed variables were: DM and nutrient intake (expressed in various forms), selectivity (orts DM, CP and IVDMD of consumed silage), milk production, milk components and milk quality.

On average for all species, addition of molasses increased IVDMD (59.2 vs. 64.1%) and lactic acid content (2.18 vs. 7.60%), while reducing CP (17.7 vs. 17.1%), ammonia products (2.99 vs. 2.05%), pH (4.9 vs. 4.3), acetic acid (4.71 vs. 3.09%) and butyric acid (0.34 vs. 0.09%). Silages prepared from non-dehydrated forages had higher IVDMD (64.0 vs. 59.3%) and CP contents (18.5 vs. 16.3%). They also presented lower pH (4.4 vs. 4.7) with less lactic acid (3.24 vs. 6.54%), and higher contents of NH<sub>3</sub>/TN (3.57 vs. 1.47%), acetic acid (5.32 vs. 2.49%) and butyric acid (0.41 vs. 0.02%).

The highest DM intake (4.9 kg DM/BW) and highest milk production (1875 g/an/day) was obtained with Morera silage, followed by Amapola (4.4 kg DM/BW and 1825 g/an/day) and Jocote (3.2 kg DM/BW and 1288 g/an/day), respectively. The Sauco silage had to be eliminated from this trial given the very low intake observed (0.2 kg DM/BW).

VALLEJO, M.A. 1995. Efecto del premarchitado y la adición de melaza sobre la calidad del ensilaje de diferentes follajes de árboles y arbustos tropicales.

**Palabras claves:** Ensilaje, árboles y arbustos forrajeros, alimentación de rumiantes, consumo, producción de leche, cabras

## RESUMEN

Se estudió la calidad del ensilaje de diferentes forrajes arbóreos y arbustivos tropicales, a través del empleo de distintas técnicas en microsilos y pruebas de consumo y producción de leche con cabras.

El trabajo consistió de dos etapas: 1) microensilaje de forrajes de tres meses de rebrote de Amapola (*Malvaviscus arboreus*), Chicasquil fino (*Cnidioscolus aconitifolius*), Guácimo (*Guazuma ulmifolia*), Jocote (*Spondias purpurea*), Morera (*Morus* sp.), Nacedero (*Trichantera gigantea*), Sauco Amarillo (*Sambucus canadensis*) y Tora blanca (*Verbesina turbacensis*). Los tratamientos para cada especie individualmente fueron: nivel de melaza (0 y 5 %) y tipo de material a ensilar (sin marchitar y premarchitado), analizados a través de un diseño irrestricto al azar con arreglo factorial (2\*2). Las variables evaluadas fueron materia seca (%MS), digestibilidad *in vitro* de la materia seca (%DIVMS), proteína cruda (%PC), productos amoniacaes como porcentaje del nitrógeno total (%NH<sub>3</sub>-NT), pH, ácido acético, butírico y láctico como % de la MS, y los indicadores organolépticos; y 2) en bolsas de PVC se ensilaron Amapola (premachitada), Jocote, Morera y Sauco. Se evaluó el consumo de estos ensilajes como dieta única en cabras lactantes, utilizando un diseño cuadrado latino. Las variables analizadas fueron: consumo (MS, MS digestible, ED, PC, MS/%PV, MS/peso metabólico, ED/PC, MS/kg leche, PC/kg leche, ED/kg leche y PC/ED), selectividad (rechazo de MS, MSD, y PC, y digestibilidad de la MS consumida), producción (leche, proteína, grasa y sólidos totales/cabra/día) y calidad de la leche (% grasa, % proteína, % sólidos totales y acidez titulable).

Como promedio de todas las especies, se encontró que la adición de melaza con respecto al ensilaje sin aditivo, aumenta la DIVMS (59,2 a 64,1%) y el ácido láctico (2,18 a 7,60%), y reduce la PC (17,7 a 17,1%), productos amoniacaes (2,99 a 2,05%), pH (4,9 a 4,3), ácido acético (4,71 a 3,09%) y butírico (0,34 a 0,09%). Los forrajes sin marchitar con respecto a los premarchitados, contienen respectivamente una mayor DIVMS (64,0 y 59,3%) y proteína (18,5 y 16,3%), y un menor pH (4,4 y 4,7); pero presentan menor concentración de láctico (3,24 y 6,54%), y mayor cantidad de productos amoniacaes (3,57 y 1,47%), ácido acético (5,32 y 2,49%) y ácido butírico (0,41 y 0,02%) .

El mayor consumo (4,9 kg MS/PV) y producción de leche (1875 g/an/día) se obtuvo con la Morera; seguida de la Amapola (4,4 kg MS/PV y 1825 g/an/día, respectivamente) y el Jocote (3,2 kg MS/PV, y 1288 g/an/día, respectivamente)). El Sauco se eliminó al inicio de la prueba por bajo consumo (0,2 kg MS/PV).

## LISTA DE CUADROS

## EN EL TEXTO

No. de Cuadro .....	Página
1 Caracterización bromatológica de árboles y arbustos forrajeros identificados en Puriscal, Costa Rica .....	14
2 Calificación de indicadores organolépticos.....	25
3 Inventario de ensilajes de árboles y arbustos en bolsas de PVC para pruebas de consumo y producción.....	26
4 Características promedio inicial de las cabras lecheras utilizadas en las pruebas de consumo y producción .....	27
5 Contenido de materia seca del follaje sin ensilar de leñosas forrajeras por efecto del premarchitado y la adición de melaza.....	31
6 Valores de materia seca de hojas de leñosas evaluadas en América Central .....	32
7 Contenido de materia seca de los forrajes originales y ensilados, sin la adición de melaza .....	33
8 Contenido de materia seca de ensilajes de follaje de leñosas por efecto del premarchitamiento previo y la adición de melaza.....	34
9 Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca de los forrajes originales y ensilados sin melaza .....	35
10 Valores de digestibilidad <i>in vitro</i> de la MS de hojas de leñosas evaluadas en América Central .....	36
11 Digestibilidad <i>in vitro</i> de la MS de ensilajes de leñosas por efecto del premarchitado y el nivel de melaza .....	37
12 Contenido de proteína cruda de follajes de leñosas forrajeras antes de ensilar y el ensilaje respectivo sin aditivo .....	39

13	Contenido de proteína cruda de hojas de leñosas forrajeras en América Central.....	40
14	Contenido de proteína cruda de ensilajes de leñosas forrajeras por efecto del premarchitado y la adición de melaza .....	43
15	Contenido de nitrógeno amoniacal en relación al nitrógeno total de los ensilajes de leñosas, por efecto del premarchitado y el nivel de melaza .....	44
16	Acidez (pH) de ensilajes de leñosas forrajeras por efecto del premarchitado y la adición de melaza.....	47
17	Nivel de ácido acético en ensilajes de especies leñosas por efecto del premarchitado y la adición de melaza.....	50
18	Contenido de ácido butírico de ensilajes de leñosas forrajeras por efecto del premarchitado y la adición de melaza. ....	52
19	Contenido de ácido láctico en ensilajes de leñosas forrajeras por efecto del premarchitado y la adición de melaza .....	53
20	Calificación total de indicadores organolépticos en ensilajes de leñosas forrajeras por efecto del premarchitado y la adición de melaza. ....	56
21	Contenido de materia seca de follajes de leñosas forrajeras sin ensilar .....	58
22	Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca y contenido de proteína cruda de follajes de leñosas forrajeras sin ensila .....	58
23	Contenido de materia seca de ensilajes de leñosas forrajeras utilizados en pruebas de consumo con cabras estabuladas .....	60
24	Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca y contenido de proteína cruda de ensilajes de leñosas forrajeras.....	60
25	Indicadores fermentativos de los ensilajes de árboles y arbustos.....	61

26	Consumo de materia seca y otros nutrimentos de ensilajes de árboles y arbustos forrajeros.....	65
27	Selectividad de lo consumido de ensilajes de árboles y arbustos forrajeros.....	68
28	Variables de rechazo de ensilajes de árboles y arbustos forrajeros. ....	69
29	Producción de leche de cabra y sus componentes según el tipo de ensilaje de leñosa forrajera consumida. ....	70
30	Caracterización de la leche de cabra según el tipo de ensilaje de leñosa forrajera consumida .....	71
31	Eficiencia de utilización de nutrimentos, según el tipo de ensilaje de leñosá forrajera consumida por cabras.....	72
32	Balance nutricional de cabras alimentadas con ensilajes de árboles y arbustos forrajeros como dieta única .....	74

## LISTA DE CUADROS

### EN EL ANEXO 2

No. de Cuadro .....	Página
1A Resumen del ANDEVA del contenido de materia seca por especie .....	111
2A Resumen del ANDEVA de la digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca por especie. ....	111
3A Resumen del ANDEVA del contenido de proteína cruda por especie.....	111
4A Resumen del ANDEVA del contenido de nitrógeno amoniacal en relación al nitrógeno total por especie.....	112

5A	Resumen del ANDEVA del nivel de pH por especie .....	112
6A	Resumen del ANDEVA del contenido de ácido acético por especie .....	112
7A	Resumen del ANDEVA del contenido de ácido butírico por especie .....	113
8A	Resumen del ANDEVA del contenido de ácido láctico por especie .....	113
9A	Resumen del ANDEVA de la calificación total de los indicadores organolépticos por especie .....	113
10A	Resumen del ANDEVA del consumo de materia seca .....	114
11A	Resumen del ANDEVA de las variables de selección .....	114
12A	Resumen del ANDEVA de las variables de rechazo .....	114
13A	Resumen del ANDEVA de las variables de producción de leche .....	115
14A	Resumen del ANDEVA de las variables de calidad de la leche .....	115
15A	Resumen del ANDEVA de la eficiencia de uso de nutrimentos por kg de leche producido .....	115

## LISTA DE FIGURAS

### EN EL TEXTO

#### No. de Figura Página

1	Calificación total de los ensilajes de leñosas forrajeras según los indicadores organolépticos.....	64
---	--	----

## 1. INTRODUCCION

La conservación de forrajes a través del proceso de ensilaje, permite aprovechar el alimento disponible en las épocas de mayor producción de biomasa, para ser utilizado en la época de escasez, especialmente en aquellas zonas donde una alta humedad en el invierno impide realizar otras prácticas de conservación como el heno.

En el trópico no es frecuente el ensilaje de gramíneas debido a su bajo valor nutritivo, lo cual resulta en bajos consumos por los animales domésticos (Pezo, 1981; Jiménez y Boschini, 1982; Moreno, 1982; Ojeda, 1986).

Actualmente los forrajes arbóreos y arbustivos han tomado auge en los sistemas de producción animal, debido a su elevada calidad nutricional (especialmente de proteína), capacidad de producción de biomasa y su versatilidad de manejo agronómico. Este tipo de materiales ha permitido mejorar la calidad de la alimentación de los animales, al emplearse como suplemento de los pastos de baja calidad, o como dieta única durante el verano (Benavides, 1989).

Además, una adecuada integración de los árboles y arbustos forrajeros con el componente animal bajo un enfoque agroforestal, permite un mejor uso del suelo y el manejo racional de los recursos naturales. Con estas alternativas puede contribuirse a la sostenibilidad y capacidad de producción de las fincas.

Debido al gran potencial para alimentación de rumiantes de los recursos forrajeros arbóreos y arbustivos, especialmente para los pequeños productores en zonas agroecológicas difíciles, es necesario ampliar los conocimientos sobre las técnicas de conservación de este tipo de forrajes, y determinar las posibilidades de utilización en épocas de penuria nutricional.

Tomando como base lo anterior, se plantearon los siguientes objetivos:

- Determinar la calidad nutritiva del ensilaje de diferentes forrajes arbóreos y arbustivos, a través del estudio de distintas técnicas y pruebas de consumo con cabras lecheras.
- Generar información que contribuya a la utilización de estos forrajes en sistemas de alimentación animal, durante la época de escasez forrajera.

## 2. REVISION DE LITERATURA

### 2.1. Generalidades del ensilaje

El ensilaje es una técnica de conservación basada en un proceso enzimático y microbiológico, donde intervienen aspectos físicos y químicos como cofactores determinantes, a través de una fermentación anaeróbica del forraje (Moreno, 1982; Ojeda, 1986).

La conservación mediante ensilado comprende tres fases: 1) respiración, del aire remanente en el material ensilado con utilización de los carbohidratos solubles del forraje (Church y Pond, 1976; Pezo, 1981); 2) fermentación, que se inicia al agotarse el oxígeno y es producto de la acción de bacterias anaeróbicas. Pueden ocurrir 3 tipos de fermentaciones: láctica (deseable), acética (indeseable, debida a una elevada metabolización de aminoácidos y carbohidratos) y butírica (totalmente indeseable). La incidencia de ellas dependerá de los microorganismos predominantes, tipo de sustrato y otros factores ligados al proceso (Church y Pond, 1976; Pezo, 1981; Ojeda *et al*, 1991; Skerman y Riveros, 1992); y 3) Estabilización, causada por la inhibición de la actividad fermentativa debido a las condiciones de elevada acidez producidas en el proceso (Pezo, 1981; Ojeda *et al*, 1991).

### 2.2. Evaluación de la calidad de los ensilajes

#### 2.2.1. Indicadores organolépticos

Es una evaluación subjetiva de la calidad de un ensilaje a través de los sentidos. La exactitud dependerá de la experiencia del evaluador. Por no requerirse de mediciones para su ejecución, se ha convertido en la alternativa de evaluación más utilizada y práctica. Los parámetros considerados en orden de importancia son los siguientes: olor, color, textura y grado de humedad (Ojeda *et al*, 1991).

## 2.2.2. Indicadores fermentativos

El proceso de ensilado produce transformaciones en los compuestos orgánicos originalmente presentes en el material. Los indicadores más importantes son: el contenido de materia seca (MS), pH, ácidos grasos volátiles (AGV) y contenido de nitrógeno amoniacal como porcentaje del nitrógeno total (NH<sub>3</sub>-NT).

### a) Materia seca

La MS es importante como controladora de la calidad del proceso fermentativo. Mudd (1979) indica que cuando el contenido de MS en el material a ensilar sobrepasa el 25%, se reduce el nivel de efluentes y las pérdidas de carbohidratos por esta vía; McDonald (1981), además afirma que disminuye las pérdidas por respiración. Permite también un predominio de las bacterias ácido-lácticas y un pH adecuado, evitando la producción de ácido butírico y amoníaco, y reduce la formación de ácido acético, favoreciendo el aumento de la presión osmótica y una mayor sensibilidad de las bacterias clostrídicas al efecto de la acidez, logrando la estabilidad del ensilaje e incrementos del consumo (Weissbach *et al.*, 1974; Thomas, 1978; Sauvant y Gouet, 1979; Domínguez, 1980; Muck, 1988; Luis y Ramírez, 1989a).

El proceso de ensilaje debe mantener la calidad del forraje con un mínimo de pérdidas de MS y energía. Normalmente la conservación como ensilaje supone pérdidas que oscilan entre 6 y 8 por ciento. De acuerdo con Muck (1988), los tres principales procesos responsables de la pérdida de MS y energía son: la respiración del forraje, los microorganismos aeróbicos y los clostridios.

El contenido de MS también está determinado por las características propias de cada forraje, sea que se haya utilizado fresco o presecado. El valor óptimo para conservación se sitúa entre 30 y 35% (Ojeda, 1986; Ojeda *et al.*, 1991).

### b) Acidez (pH)

Un pH entre 3,9 y 4,2 se define como óptimo para considerar que un ensilaje ha sido adecuadamente preservado, especialmente en ensilajes de forrajes frescos (Wieringa, 1966; Carpintero *et al.*, 1969; Wilkins, 1986; Muck, 1988; Ojeda

*et al.*, 1991). Es necesario que el descenso del pH ocurra lo más pronto posible para garantizar un hábitat desfavorable para las bacterias clostrídicas y reducir la respiración, evitando así la proteólisis y la proliferación de microorganismos indeseables en el proceso (Langston *et al.*, 1962a, 1962b; Ohyama *et al.*, 1975; Ruxton y McDonald, 1974; Pezo, 1981; Muck, 1988). El pH se encuentra estrechamente relacionado con el contenido de MS y los carbohidratos solubles del forraje a ensilar (Wieringa, 1957; Greenhill, 1964; Wieringa, 1977; Luis y Ramírez, 1989b).

### c) Acido acético

El ácido acético se produce a través de distintas vías: por la metabolización de aminoácidos por bacterias clostrídicas proteolíticas; metabolización de las hexosas por bacterias heterolácticas; metabolización de las pentosas y los ácidos orgánicos de la planta por las bacterias heterolácticas y homolácticas; y metabolización de las hexosas por las bacterias heterolácticas, enterobacterias y levaduras. A medida que aumenta su concentración se reduce la calidad de la conservación. Una concentración menor de 1,8% se considera óptima, e inaceptable cuando es superior al 6% (Whittenburry *et al.*, 1967; McDonald, 1976; Ojeda *et al.*, 1991).

Los ensilajes con altos contenidos de ácido acético, inducen una reducción del consumo en los animales domésticos (Dowden y Jacobson, 1960; Hutchinson y Wilkins, 1971; Wilkins *et al.*, 1971).

### d) Acido butírico:

No debe estar presente, o tan solo trazas, ya que indica proliferaciones de bacterias clostrídicas, especialmente del tipo proteolíticas. Estas bacterias le dan mal olor y sabor al ensilaje, promoviendo la formación de amoníaco, agente que impide la estabilización del pH a niveles bajos. En los ensilajes tropicales existe una marcada tendencia a presentar altos valores de butírico (Ojeda *et al.*, 1991).

Wieringa (1966) señala como valores aceptables de butírico aquellas concentraciones menores de 0,2%, de 0,3 a 0,5% regulares, y mayores de 0,5% inaceptables. Mientras que Ojeda *et al.* (1991) indican como óptimo una

concentración menor de 0,1%, e inaceptable cuando supera el 2%.

Las bacterias clostrídicas pueden producir butírico y acético a partir de la degradación de azúcares y ácido láctico (Lanigan, 1961; Henderson *et al.*, 1979; Luis y Ramírez, 1988a, 1988b; Muck, 1988), y de los aminoácidos por la actividad proteolítica (McDonald, 1981; Muck, 1988; Luis *et al.*, 1991), incrementando el pH.

Aguilera *et al.* (1992) señalan que la humedad excesiva del forraje a ensilar contribuye a elevar las cantidades de este ácido. Según Luis y Ramírez (1988a), se debe a que el bajo contenido de MS favorece la proliferación de clostridios, productores del butírico y amonio.

La consecuencia directa de altas concentraciones de butírico, amonio y aminos es la reducción del consumo voluntario por los rumiantes (Wilkins *et al.*, 1971; Conrad *et al.*, 1977), e inclusive se asocia con incidencia de cetosis en animales alimentados con este tipo de alimentos (Wernli, 1975).

#### **e) Acido láctico**

Es el ácido más importante de los ensilajes, debido a que induce una rápida acidificación del medio, y es resultado del metabolismo de las bacterias más eficientes y adaptadas en los ensilajes, lo cual permite ejercer una acción bactericida, conservando mejor el ensilaje (Ojeda *et al.*, 1991).

Estos autores indican que los principales factores que afectan la concentración del láctico son el contenido de carbohidratos solubles presentes en el forraje y la capacidad amortiguadora que posea. Muck (1988) indica que para lograr una adecuada fermentación láctica se requiere de tres elementos: un medio ambiente anaeróbico, un adecuado sustrato para las bacterias ácido lácticas, y una población suficiente de bacterias de este tipo.

Catchpoole y Williams (1969) y Ojeda *et al.* (1987) indican que el problema de los ensilajes de pastos tropicales es la inestabilidad fermentativa, debido a que después de una fermentación láctica se produce un cambio hacia una fermentación tipo acética, por la presencia de bacterias heterofermentativas, levaduras y bacterias gram negativas (Catchpoole y Williams, 1969; Aguilera, 1975; Ruiz *et al.*, 1987; Luis y Ramírez, 1985), y al bajo contenido en carbohidratos solubles de

estos forrajes. Lanigan (1961) también indica que en las leguminosas la fermentación láctica es insuficiente para bajar el pH a un nivel donde puedan controlarse los organismos indeseables.

Luis *et al.* (1991) afirman que la presencia de suficientes azúcares solubles para los fermentos lácticos, permite que la transformación de éstos en ácido láctico alcance hasta el 75%, provocando una acidez que inhibe las fermentaciones indeseables y su propio control. Por esta razón, autores como Ojeda *et al.* (1987) y Luis y Ramírez (1989b), afirman que para lograr mejores ensilajes con pastos tropicales es necesario adicionar azúcares como melaza, que estimula el crecimiento de las bacterias ácido lácticas.

#### **f) Nitrógeno amoniacal en relación al nitrógeno total**

Una elevada concentración de productos amoniacales como porcentaje del nitrógeno total ( $\text{NH}_3\text{-NT}$ ), está relacionada con una abundante proteólisis enzimática y microbial por bacterias clostrídicas, especialmente bajo condiciones de pH alto (Kemble, 1956; Papadopoulos y McKersie, 1983; Vilela *et al.*, 1983; Olave y Castelar, 1987; Luis y Ramírez, 1989b; Aguilera *et al.*, 1992; Ojeda y Díaz, 1992).

Como criterio de evaluación es necesario expresarlo como porcentaje del nitrógeno total del ensilaje, para dar una aproximación de la proporción de proteínas que han sido desdobladas. En ensilajes bien conservados una concentración menor de 7% es óptima, mientras que los valores mayores al 20% son indeseables (Ojeda *et al.*, 1991).

Luis y Ramírez (1988b) indican que tanto la actividad enzimática como bacterial están controladas por el pH del medio, pero con la diferencia de que las proteasas detienen su actividad degradativa cuando el pH disminuye por debajo de 4,0. Sin embargo, en los ensilajes tropicales las bacterias entéricas y las levaduras, productoras del amonio en sus metabolismos, pueden continuar por más tiempo en rangos de pH inferiores. Estas fermentaciones producen pérdidas tanto de MS como de energía.

De acuerdo con Catchpole (1965, 1966, 1970), los ensilajes de forrajes tropicales presentan una tendencia a alcanzar valores de medios a altos en

nitrógeno amoniacal (desde 5% hasta 50%). Sin embargo, este autor encontró diferencias entre especies debido probablemente a la constitución enzimática particular de cada forraje.

### **2.3. Consideraciones tecnológicas.**

#### **2.3.1. Presecado**

El presecado es una de las formas de ejercer control sobre los procesos que se llevan a cabo en la masa ensilada, y a la vez incrementar el valor nutritivo de este alimento (Esperance, 1982). Consiste en secar parcialmente el material en el campo, por un período de 3 a 24 horas, hasta que alcance un contenido de MS de aproximadamente 65 por ciento. Permite un ensilado donde predomina el ácido láctico, aunque con menor fermentación y con un pH de 4,5 (Skerman y Riveros, 1992). Pezo (1981) y Crowder y Chheda (1982) señalan que esta labor reduce o elimina por completo los efluentes producidos, las pérdidas de materia seca debidas a la respiración aeróbica, produce un ensilaje más palatable, una mayor concentración de azúcares y aumento de la estabilidad debido a una mayor presión osmótica que suprime el crecimiento de clostridios.

También se ha indicado un mejor consumo de ensilajes premarchitados al compararlos con el ensilaje sin marchitar (Murdoch, 1964; Alder *et al.*, 1969; Jones *et al.*, 1971; Wernli, 1975; Ojeda, 1988), mejores ganancias de peso (Ojeda *et al.*, 1993) y un mejor uso de los nutrientes en terneros (Glenn, 1990).

#### **2.3.2. Aditivos**

Los aditivos son productos utilizados para incrementar el valor nutritivo del forraje, o para mejorar el proceso de conservación. Algunos aditivos proporcionan una fuente fácilmente accesible de carbohidratos para la fermentación bacteriana, y otros absorben algo de humedad de los materiales con bajo contenido de MS, evitando la salida de efluentes del silo. Un 75 al 80% de los nutrientes añadidos se recuperan (Pezo, 1981; Van Soest, 1983; Wernli y Ojeda, 1990; Skerman y Riveros, 1992).

La melaza ha sido ampliamente utilizada como aditivo desde hace mucho

tiempo (Salsbury *et al.*, 1949), agregándose a los forrajes tropicales niveles entre un 5 y 8% (en climas templados de 0,7 a 2% es suficiente para promover el desarrollo de niveles adecuados de ácido láctico). El mayor requerimiento en el trópico se debe a la necesidad de compensar el bajo contenido de azúcares de los forrajes, además de que con altas temperaturas, son mayores las pérdidas de carbohidratos por respiración y fermentación aeróbica (Pezo, 1981). Este aditivo permite mejorar los consumos de los ensilajes (Wernli, 1975; Staples *et al.*, 1985; Ojeda, 1988; Ojeda *et al.*, 1990a; Umaña *et al.*, 1991)

#### 2.4. Uso potencial de los árboles y arbustos forrajeros

El uso del follaje de árboles y arbustos representa una alternativa de gran potencial en sistemas de producción con rumiantes.

Según Benavides (1989), para considerar las especies arbóreas y arbustivas como forrajeras, es indispensable que reúnan los siguientes requisitos: una adecuada calidad nutritiva y respuesta animal, resistencia a podas frecuentes, elevada producción de biomasa, facilidad de propagación y disponibilidad en la zona donde se necesita.

Tomando como base el contenido de proteína cruda (PC) y la digestibilidad *in vitro* de la MS (DIVMS), Araya *et al* (1994) encontraron en la zona de Puriscal, Costa Rica, numerosas especies arbóreas y arbustivas con un potencial considerable para ser empleadas como forraje en sistemas de alimentación (Cuadro 1).

Investigaciones sobre el uso de estos forrajes como alimento para rumiantes, han mostrado resultados sobresalientes. Rojas y Benavides (1994) utilizando cabras, indicaron niveles de consumo total (5,4% MS/PV) y producción (2,5 kg/an/día) con hojas de Morera superiores a los encontrados con otras leñosas, debido a su elevada DIVMS (70,0%) y alto contenido de proteína cruda de este forraje (19,1%).

Velázquez *et al.* (1994) trabajando también con Morera, encontraron una buena aceptación en novillos de engorde. En su trabajo, la suplementación con planta entera de Morera, sobre una dieta a base de ensilado de sorgo, mejoró el consumo voluntario total y la ganancia de peso de los novillos.

**Cuadro 1.** Caracterización bromatológica de árboles y arbustos forrajeros identificados en Puriscal, Costa Rica.<sup>1</sup>

Especie	MS	PC	%	
			DIVMS	P.CEL
Chicasquil Fino ( <i>C. aconitifolius</i> )	15,8	36,8	85,8	33,7
Morera ( <i>Morus</i> sp.)	29,0	23,4 <sup>2</sup>	78,7	35,2
Chicasquil Ancho ( <i>C. chayamansa</i> )	8,6	26,8	72,5	35,4
Clavelón ( <i>Hibiscus rosa-sinensis</i> )	24,8	21,0	70,0	35,0
Tora Morada ( <i>V. myriocephala</i> )	27,6	18,0	69,1	44,7
Tora Blanca ( <i>Verbesina turbacensis</i> )	21,0	16,5	66,1	43,7
Zorrillo ( <i>Cestrum baenitzii</i> ).	24,8	35,0	61,3	48,0
Sauco Amarillo ( <i>Sambucus canadensis</i> )	19,8	22,3	59,7	50,6
Amapola ( <i>Malvaviscus arboreus</i> )	16,5	22,4	54,5	
Jocote ( <i>Spondias purpurea</i> )	23,7	16,5	56,6	48,9
Guácimo ( <i>Guazuma ulmifolia</i> )	34,8	16,9	47,1	61,2

1/ Adaptado de Araya *et al.*, 1994. 2/ Vallejo *et al.*, 1994b

López (1993) indica elevados consumos de MS con Amapola, al suplementar niveles crecientes de este forraje a cabras alimentadas con pasto de corte. Este autor determinó altas producciones de leche (hasta 2,15 kg de leche/an/día, con 5,3% MS/PV) en comparación con las obtenidas normalmente en el trópico mediante el uso de alimentos balanceados.

En pruebas preliminares de aceptación y consumo con cabras lecheras en fincas de agricultores, Martínez (1990) encontró que el follaje de Amapola fue el más consumido (2,9% MS/PV), al utilizarse como suplemento. Posteriormente en orden decreciente obtuvo los siguientes resultados: Jocote, 1,9%; Clavelón, 1,7%; Higuerón Blanco (*Ficus costarricana*), 1,4%; Guácimo, 1,1%; y Manzana Rosa (*Eugenia jambos*), 0,7 por ciento.

Con cabras en crecimiento, Vallejo *et al.* (1994a) evaluaron la aceptación de follajes de otras especies arbóreas y arbustivas. En orden decreciente los niveles de consumo fueron los siguientes: Jocote (392 g MS/an/día), Guácimo (384 g MS/an/día), Chicasquil Fino (574 g MS/an/día) y Chicasquil Ancho (460 g MS/an/día).

También con Guácimo, Vargas y Elvira (1994) encontraron que el forraje de esta especie es menos recomendable como suplemento proteico para vacunos que el de Madero Negro (*Gliricidia sepium*) o el de Leucaena (*Leucaena leucocephala*),

debido a su bajo contenido de PC y la elevada proporción de nitrógeno ligado al complejo ligno-celulosa y a las paredes celulares. Los consumos fueron: 0,87 kg MS/100 kg PV en *Gliricidia*; 0,71 kg MS/100 kg PV en *Guazuma*; y 0,51 kg MS/100 kg PV en *Leucaena*.

En contraste, Medina y Reyes (1993) trabajando con cabras, recomiendan la utilización del follaje de Guácimo como dieta suplementaria al pastoreo y/o ramoneo. Indican que el Guácimo (500 g MS/an/día) fue más consumido que el fruto de Jícaro (*Crescentia alata*) (345 g MS/an/día), obteniéndose también las mejores ganancias de peso (52 y 38 g/an/día, respectivamente). Medina (1994) encontró un consumo adecuado del follaje de Guácimo (608 g MS/an/día), comparado con el Tigüilote (*Cordia dentata*) (357 g MS/an/día) y pasto Guinea (279 g MS/an/día); y afirmó que, utilizado como suplemento al pastoreo en la época seca, puede permitir adecuadas ganancias de peso en cabras (71 g/an/día). Contreras y Aguilar (1991), indican también un consumo voluntario de MS aceptable (975 g/an/día), y una ligera ganancia de peso (53 g/an/día), en caprinos alimentados con el fruto de Guácimo molido.

Esquivel y Benavides (1993) evaluaron el consumo de heno de diferentes forrajes arbóreos con cabras en crecimiento, encontrando que el de Chicasquil Fino fue el mejor consumido (3,9% MS/PV), así como el forraje que mostró la mayor calidad proteica (18,6%). Los consumos de Clavelón (2,9%) y Tora Blanca (2,4%) fueron menores.

El Nacedero (*Trichanthera gigantea*) es otro forraje arbustivo que está siendo ampliamente estudiado en sistemas de alimentación animal (Gómez, 1993). Vargas (1993) encontró que el consumo total de MS en ovejas, en una dieta basada en tallos de caña de azúcar, fue mayor cuando se proporcionó follaje de esta especie, que con los follajes de Poró (*Erythrina poeppigiana*) y Madero Negro (*Gliricidia sepium*). También con ovejas de pelo, Mejía y Vargas (1993) encontraron consumos adecuados de Nacedero como suplemento (0,73 kg MS/100 kg PV). La utilización de este forraje se está estudiando en monogástricos, como sustituto parcial de la soya (Sarria, 1994).

## 2.5. Ensilaje de árboles y arbustos forrajeros

### 2.5.1. Evaluaciones en climas templados

En España, la producción de ensilaje con el follaje de árboles y arbustos se encuentra documentada por Rodrigañez (1949). Según este autor, en el Mediterráneo Maymone *et al.* (1949) encontraron que el follaje de Olivo (?) produce ensilajes adecuados, con un pH de 4,2, y niveles bajos de ácido butírico, nitrógeno amoniacal y aminas.

En Hungría, Walterne-Illes (1985) encontró que los follajes de Carpe (?), Roble (?) y Alamo Híbrido (?) son adecuados para ensilar, no así los de Fresno (?), Limón (?) y Roble Turco (?). Las ramas apicales, troncos y las raíces de los tres primeros árboles fueron fácilmente consumidas como ensilaje por animales. Cuando fueron bien manejados presentaron color verde y olor agradable, siendo características deseables de calidad. En este país el follaje de estos árboles es un alimento popular para algunas especies de rumiantes.

Lee (1989) estudió algunos arbustos silvestres de las áreas montañosas de Korea. El forraje de *Robinia pseudoacacia*, *Lespedeza* spp., *Quercus* spp. y *Pueraria thunbergiana*, fueron mezclados con concentrado (50:50, P/P) y tratados con 6% de agua amonificada. Los contenidos de proteína cruda de los ensilajes amonificados fueron de 18,08, 15,28, 15,06 y 18,24%, respectivamente. La FAD y FND de los ensilajes fueron reducidas significativamente en los tratamientos con amonio y con concentrado. El pH de los ensilajes fluctuó entre 4,0 y 4,2, indicando buenas características de fermentación. El ácido láctico del ensilaje de *P. thunbergiana* fue significativamente aumentado por la amonificación (1,95%). La DIVMS del ensilaje amonificado de *R. pseudoacacia*, *Lespedeza* spp., *Quercus* spp. y *P. thunbergiana* fue 59,2, 61,1, 57,4 y 61,4%, respectivamente. Los valores de *P. thunbergiana* aumentaron, y se redujeron los de *Quercus* spp., en relación con los ensilajes no amonificados.

### 2.5.2. Evaluaciones en climas tropicales

El ensilaje de algunas leguminosas arbóreas tropicales como *Gliricida sepium*, *Erythrina berteroana*, *E. poeppigiana* y *Leucaena leucocephala* ha sido estudiado por varios investigadores.

En Costa Rica, Kass y Rodríguez (1987) concluyeron que se puede preparar ensilaje de alta calidad de *G. sepium* utilizando aditivos como la melaza o premarchitando el material antes de ensilar. Con 10% de melaza, el ensilaje de esta especie presentó 31,2% de MS, 19,0% de PC, 62,8% de DIVMS, 3,7 de pH, 8,4% de NH<sub>3</sub>-NT, 2,8% de ácido láctico y 1,7% de ácido acético. Por otro lado, el ensilaje del material premarchitado presentó 46,2% de MS, 22,4% de PC, 60,2% de DIVMS, 5,1 de pH, 11,4% de NH<sub>3</sub>-NT, y 0,3% de láctico y acético.

Glover *et al.* (1989) también informaron sobre la producción de un ensilaje de calidad aceptable preparado con *G. sepium*, e indican resultados excelentes al mezclar *Gliricidia* con *Penisetum purpureum*.

De la Fuente (1990) señala que conforme aumentan los niveles de melaza agregada al ensilaje de *G. sepium*, el contenido de proteína cruda tiende a declinar ligeramente (por efecto de dilución), y se incrementa la DIVMS. También encontró una reducción en la concentración de amonio al agregar 2% de melaza al follaje, con cambios menores al adicionar niveles mayores. La concentración de ácido láctico se incrementó casi linealmente con la adición de melaza hasta un nivel del 10%, y en todos los casos la concentración de ácido butírico fue baja (0,04%). Señala que el presecado mejora la calidad del material ensilado con y sin adición de la melaza, y que puede conservarse bien durante períodos prolongados.

Moreno (1989) también realizó trabajos con *G. sepium* finamente molido sin premarchitamiento ni aditivos en bolsas de polietileno, y en silos de trinchera con capas alternas de *G. sepium* molida (20%), *Brachiaria ruziziensis* y *Cynodon nlemfluensis*. El autor indica que la calidad aparente del producto fue buena, con solo 5% de pérdidas.

Chadhokar (1983) señala que puede producirse ensilaje de buena calidad con follaje de *Gliricidia* y *Leucaena*, cuando se mezclan con pastos y paja de arroz. Autores como Nitis *et al.* (1986), señalan que con *Gliricidia*, *Leucaena*, *Verano Stylo* y *Lannea*, se obtienen ensilajes con buenas características organolépticas (olor, sabor, color y consistencia). Sin embargo, basándose en características químicas, los autores indican que el ensilaje de *Gliricidia* fue inferior, con menor contenido de MS y PC.

Oakes y Skov (1962) también estudiaron el contenido de proteína, calidad y

duración del ensilaje de *G. sepium*, *Leucaena leucocephala*, *Albizia lebbbeck*, *Cajanus cajan* y *Delonix regii*, tanto solos como mezclados con pasto. Estos autores concluyeron que el ensilaje de *A lebbbeck* y *L. leucocephala* fueron los mejores, mientras que el de *D. regia* fue aceptable. El *C. cajan* y *G. sepium* produjeron ensilaje de pobre calidad. El ensilaje de *C. cajan* también se caracterizó por tener poca vida útil y bajos contenidos de proteína cruda, siendo inferior al resto de las leguminosas utilizadas. En contraste, Becker *et al.* (1943) produjeron un ensilaje satisfactorio de *C. cajan* al agregar 4% de melaza de cítrico. Otero (1952) también indicó que con esta especie se logró un buen ensilado, con adecuados consumidos por los animales.

Resultados similares con *L. leucocephala* fueron encontrados por Skerman *et al.* (1991). Mencionan que con esta especie se produce un ensilado satisfactorio, y que mezclando el follaje con pasto King grass o Elefante (*Penisetum purpureum*), caña de azúcar o *Panicum maximum*, en proporciones de 1:1 o 1:2, se mejora la calidad del ensilado. Con el ensilaje se reduce el contenido de mimosina, factor anticualitativo presente en la *L. leucocephala* (Rosas *et al.*, 1980; Hongo y Tawata, 1986).

Boulwood (1964) logró un ensilado de buena calidad con *Desmodium discolor*, al añadir 2% de melaza al material verde a ensilar. Por su parte, Prema siri (1988) indica que se produce un ensilaje satisfactorio usando follaje de Willow (*Salix babylonica*) mezclado con otros forrajes.

Valenzuela (1989) preparó ensilajes de Poró (*Erythrina berteroana* Urb.) y Pejibaye (*Bactris gasipaes* H.B.K.) mezclados. Encontró que la adición creciente de Pejibaye provoca un aumento en el contenido de MS, carbohidratos solubles, almidón, y mejora la DIVMS de los ensilajes. De igual forma la adición del follaje de poró permite un aumento de proteína cruda, fibra neutro detergente y pH de los ensilajes. Los mejores resultados en cuanto a una adecuada fermentación los obtuvo con 60% de Pejibaye y 40% de Poró, al lograr suficientes carbohidratos solubles antes de ensilar (8,37%) y una MS de 40,3 por ciento.

Utilizando *E. poeppigiana* mezclada con diferentes proporciones de pasto King-grass (*P. purpureum*) y melaza, Kass *et al.* (1989) encontraron que la MS no fue afectada por el nivel de la gramínea. Sin embargo, al aumentar el nivel de melaza aumentó la cantidad de MS de los ensilajes y redujo el pH, indicando una

mejor conservación con los niveles más altos de melaza (8 y 10%). La DIVMS no varió significativamente con los niveles de King-grass, pero tendió a aumentar con la adición de melaza. La producción de ácido láctico fue afectada positivamente sólo por el nivel de melaza, y no se encontraron tendencias claras en cuanto al efecto del pasto.

Vallejo *et al.* (1994b) evaluaron microsilos de Morera (*Morus* sp.), Amapola (*Malvaviscus arboreus*), Chicasquil Fino (*Cnidoscolus aconitifolius*), Tora Morada y Tora Blanca (*Verbesina myriocephala* y *V. turbacensis*, respectivamente). Encontraron niveles adecuados de pH al agregar melaza a los materiales, lo cual estuvo acompañado de reducciones ligeras en el contenido de PC e incrementos en DIVMS. Los valores de NH<sub>3</sub>-NT estuvieron dentro del rango de normas de buena calidad de un ensilado.

Estos autores también trabajaron con silos de trinchera de Amapola (*Malvaviscus arboreus*), Morera (*Morus* sp.), Chicasquil Fino (*Cnidoscolus aconitifolius*), Chicasquil Ancho (*C. chayamansa*) y Jocote (*Spondias purpurea*). Encontraron valores altos de pH para Amapola y Morera (5,83 y 4,70, respectivamente), debido al uso de un forraje con alta proporción de material leñoso, que afectó la calidad de la fermentación posiblemente a causa de una inadecuada compactación. Las dos especies de Chicasquil mostraron niveles adecuados de pH (4,0 y 3,9, para *C. aconitifolius* y *C. chayamansa*, respectivamente). El Jocote mostró el menor valor de pH (3,4).

### 2.5.3. Consumo de ensilaje de árboles y arbustos por rumiantes

Imbs y Sinicyn (1939) estudiaron el valor nutritivo del ensilaje de *Artemisia austriaca*, *A. maritima*, *A. scoparia*, *Erigeron canadensis*, *Melilotus officinalis* y *M. alba*. Indican que todos los ensilajes fueron bien consumidos por ovejas, obteniéndose ganancias de peso adecuadas. Imbs (1943) además estudió ensilajes de *Artemisia* spp. y *Melilotus* sp. en alimentación de corderos, encontrando ganancias de peso aceptables. Maymone *et al.* (1949) también señalan consumos adecuados del ensilaje de Olivo por ovejas. Hinton y Wylie (1940) compararon en vacas lecheras, el uso de tres ensilajes: *Lespedeza sericea*, Alfalfa y Maíz. Encontraron que tanto el ensilaje de Alfalfa como de *L. sericea* fueron de excelente calidad y adecuadamente consumidos, encontrando además que los animales

mantenían un peso normal, con una producción y calidad de la leche satisfactorias.

En Japón, Enishi *et al.* (1991) trabajaron con *Sesbania* (*Sesbania cannabina*), ensilando el follaje de este árbol en la época de producción de vainas, en mezclas de 0, 25, 50 o 75% del peso fresco con maíz. Al incrementarse la proporción del follaje de esta leguminosa en los ensilajes, se reduce el contenido de ácido láctico y aumenta el de acético, pH, PC y extracto etéreo. El consumo diario de MS por cabras aumentó de 25,9 g/kg PV<sup>0,75</sup> a 47 g, con el incremento de la proporción de *S. cannabina*; mientras que disminuyeron la digestibilidad de la materia orgánica, extracto libre de nitrógeno y fibra cruda.

En Filipinas, Ortigas (1956) encontró que un ensilaje compuesto de dos tercios de maíz y uno de hojas de *G. sepium* fue adecuadamente consumido por vacas (25,8 kg/an/día). De igual forma, Premasiri (1988) indica un adecuado consumo del ensilaje de follaje de Willow (*Salix babylonica*) mezclado con otros forrajes.

En Costa Rica, De la Fuente (1990) encontró niveles adecuados de consumo por cabras del ensilaje de *G. sepium* con 8% de melaza (221 g MS/an/día). Sin embargo, informó que la procedencia de esta especie tiene efecto sobre la aceptabilidad del mismo por los animales. Kass y Solano (1992) no encontraron diferencias significativas en el consumo de *G. sepium* fresco y ensilado por cabras, concluyendo que el ensilar puede ser una alternativa que contribuye a mejorar la utilización de este recurso, siempre que no provoque cambios drásticos en el consumo y calidad de este follaje. Pezo *et al.* (1990), apoyándose en observaciones de la aceptación del ensilaje de *G. sepium* por cabras jóvenes, indican un rápido consumo cuando tiene 2% de melaza como aditivo y se suministra como suplemento a una dieta basada en pasto picado.

Vallejo y Esquivel (1993) suministrando ensilajes de Chicasquil Fino (*Cnidocolus aconitifolius*), Morera (*Morus* sp.), Chicasquil Ancho (*C. chayamansa*), Amapola (*Malvaviscus arboreus*) y Jocote (*Spondias purpurea*) a cabras en crecimiento, encontraron consumos equivalentes a 2,41, 2,00, 1,74, 1,15 y 0,82 % MS/PV, para cada especie respectivamente.

### 3. MATERIALES Y METODOS

Este trabajo forma parte de las actividades de investigación de la Unidad de Arboles Forrajeros y Rumiantes Menores del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).

#### 3.1 Localización y aspectos biofísicos

El trabajo consistió de dos experimentos: 1) evaluación de la calidad nutricional de microsilos preparados con forrajes leñosos de la zona de Puriscal, San José; y 2) pruebas de respuesta animal con ensilajes hechos en bolsas plásticas de PVC y empleando cabras lecheras, llevadas a cabo en la Unidad de Arboles Forrajeros y Rumiantes Menores, en la Finca de Ganadería del CATIE, Turrialba, Costa Rica.

La zona de Puriscal se clasifica como clima tropical lluvioso y seco, con alturas desde 800 hasta 1200 msnm. Incluye las zonas de vida bosque húmedo tropical, bosque pluvial tropical de premontano, bosque húmedo tropical de premontano y bosque muy húmedo tropical de premontano (Holdridge, 1978). La precipitación anual promedio es de 2100 mm (Platen *et al.*, 1982) con una distribución bimodal, presentándose una estación seca pronunciada entre diciembre y mayo. La temperatura media anual es de 21,5°C, y debido a lo montañoso de la región, se presentan una gran diversidad de microclimas. La humedad relativa es de 82 por ciento.

Turrialba está comprendido en la zona de vida denominada bosque muy húmedo premontano (Holdridge, 1978). Se encuentra ubicado a una altitud de 602 msnm, con una precipitación promedio anual de 2640 mm, una media de temperatura de 22,4°C y una humedad relativa del 90,4% (CATIE, 1987).

#### 3.2 Descripción de los experimentos

##### 3.2.1 Evaluación con microsilos

Se ensilaron forrajes con tres meses de rebrote de las siguientes especies arbóreas y arbustivas: Amapola (*Malvaviscus arboreus*, Cav.), Chicasquil Fino

(*Cnidocolus aconitifolius*, Mill.), Guácimo (*Guazuma ulmifolia*, Lam.), Jocote (*Spondias purpurea*, L.), Morera (*Morus* sp.), Nacedero (*Trichantera gigantea*, H. et B.), Sauco Amarillo (*Sambucus canadensis*, L.) y Tora Blanca (*Verbesina turbacensis*, H.B.K.).

El follaje de cada especie fue podado y picado con una picadora estacionaria en trozos de 2 cm. El material preparado se dividió en porciones para aplicar los diferentes tratamientos (Sección 3.3.1.1). Cada microsilo consistía en un frasco de vidrio de boca ancha, con tapa hermética para evitar la entrada de aire. En el centro de la tapa se ubicó una válvula de tipo Bunsen adherida con pegamento, para facilitar la salida de gases producidos en la fermentación. Cada frasco se llenó con 800 a 1000 g de forraje. Se dejaron en reposo en un lugar fresco (bajo condiciones de alta humedad de Turrialba), y se abrieron 45 días después.

### 3.2.1.1 Tratamientos

Este experimento consistió de cuatro tratamientos por cada especie forrajera analizadas independientemente: dos niveles de melaza como aditivo (0 y 5%) y dos tipos de material a ensilar (sin marchitar y premarchitado). De cada tratamiento fueron preparadas tres repeticiones, dando un total de 12 microsilos por especie (96 en total). Cada microsilo corresponde a la unidad experimental.

El premarchitamiento consistió en podar el material de cada especie, y exponerlo al sol hasta que alcanzó un nivel entre 30 y 40% del peso original. Dicha práctica resultó distinta para casi todas las especies, debido a las condiciones cambiantes del clima cuando se efectuó, y a las características propias de cada forraje. Para alcanzar un peso comprendido en este rango, se necesitó de uno a dos días.

### 3.2.1.2 Muestreo

Después de la apertura, el material fue homogenizado y dividido en dos submuestras, una para análisis de jugos (NH<sub>3</sub>-NT, pH, AGV), y otra para análisis de los componentes de la MS (PC, DIVMS).

Para la extracción del jugo se utilizó una muestra de aproximadamente 220 g

de ensilaje fresco, mediante una prensa manual. Se obtuvieron 100 ml de jugo en un balón aforado a este nivel y se distribuyó el contenido en dos frascos de vidrio. Antes de añadir los preservantes, se determinó el pH del jugo extraído. A uno de los frascos se le añadieron 3 gotas de ácido sulfúrico para inhibir la fermentación y evaluar posteriormente los productos amoniacaes. Al otro frasco se le agregaron 4 gotas de tolueno para prevenir también la fermentación, y para cuantificar los ácidos grasos volátiles (láctico, acético y butírico). Estas muestras líquidas fueron congeladas hasta el momento del análisis.

Para determinar los componentes de la MS, se liofilizó<sup>1</sup> una muestra de ensilaje fresco de aproximadamente 100 g. La liofilización es el procedimiento más adecuado para secar muestras de ensilajes, debido al elevado contenido de productos volátiles derivados de la fermentación. Cada muestra fue molida con un molino Willey, utilizando una criba de 1,0 mm. Posteriormente fueron homogenizadas y almacenadas en refrigeración, para el análisis posterior de MS, PC y DIVMS.

### 3.2.1.3 Variables estudiadas y análisis de laboratorio

Las variables dependientes fueron:

- a) Materia seca (%MS), obtenida por liofilización<sup>1</sup> a una presión de vacío de un bar y en un tiempo de 36 horas;
- b) pH, determinado por la lectura directa de un potenciómetro con electrodo de vidrio<sup>2</sup>;
- c) Contenido de nitrógeno amoniacal en relación al nitrógeno total (NH<sub>3</sub>/NT), determinado a través del método de destilación de Micro-Kjeldahl (AOAC, 1984);
- d) Ácidos grasos volátiles (láctico, acético, butírico), a través de cromatografía de gases. Debido a la dificultad para detectar el láctico con esta técnica, se emplearon las instrucciones recomendadas por SUPELCO (1994a, 1994b), modificando el método de acuerdo al equipo disponible (Anexo 1). Las condiciones del aparato<sup>3</sup> fueron: una columna de 6 pies de vidrio, con un

---

1/ Liofilizador EYELA, Modelo FD-1

2/ Fisher Accument Model 305 pH meter. Fisher Scientific Co. Penn., EE.UU.

3/ Perkin Elmer, Modelo 8500

relleno de Carbowax B-DA\*/4% Carbowax 20M, un flujo de gas de arrastre (nitrógeno) de 30 ml/minuto, un detector FID, con una temperatura inicial de 100°C en el horno, una rampa de 5°C/minuto y una temperatura final de 175°C. La temperatura del inyector y detector fue de 275°C. Se utilizó un método de cuantificación con estándar interno, utilizando como tal el ácido trimetilacético (también llamado ácido piválico). Cada cromatograma tuvo una duración de 25 minutos. Junto con el aparato, fue utilizado un integrador<sup>4</sup> para almacenar y procesar los cromatogramas.

- e) Proteína cruda (N\*6,25), determinando el nitrógeno por el procedimiento de Micro-Kjeldhal (AOAC, 1984);
- f) Digestibilidad *in vitro* de la materia seca, determinada por el método de Tilley y Terry modificado por Kass y Rodríguez (1993).
- g) Indicadores organolépticos (olor, color, textura y humedad), calificados porcentualmente. El Cuadro 2 muestra el procedimiento utilizado para la calificación en porcentaje de los indicadores organolépticos, tomando como referencia las descripciones de Ojeda *et al.* (1991).

Tanto las muestras de los microsilos como de los ensilajes suministrados en las pruebas de consumo, fueron analizados en el Laboratorio de Nutrición Animal del CATIE, Turrialba, Costa Rica.

#### 3.2.1.4 Diseño experimental

La información fue analizada individualmente para cada especie, a través de un diseño completamente al azar con un arreglo factorial 2\*2 (dos niveles de melaza y dos tipos de material).

#### 3.2.2 Pruebas de respuesta animal

Aunque fue podada una elevada cantidad de material de seis de las especies evaluadas con microsilos (excepto Nacadero y Tora Blanca) para ensilar a los tres meses de rebrote, se presentó poca disponibilidad de biomasa con Chicasquil y

---

4/ PE NELSON, Modelo 1020, GC PLUS

Guácimo. Por esta razón fue posible ensilar solo cuatro de las especies para evaluarlas en las pruebas de consumo.

**Cuadro 2.** Calificación de indicadores organolépticos.

Indicador	Descripción	Puntaje <sup>1</sup> , %	Máximo por indicador, %
Olor	- Agradable	54	54
	- Poco agradable	36	
	- Desagradable	18	
Color	- Verde amarillento, verde, verde claro	24	24
	- Verde pardo, verde oscuro, verde rojizo	16	
	- Pardo amarillo, café oscuro, café verdoso	8	
Textura	- Bien definido, se separa fácil	22	22
	- Jabonoso al tacto, mal definido	11	
Total (%)			100

1/ Depende de las características del indicador en cada ensilaje

La técnica de ensilaje para cada especie dependió de los resultados parciales obtenidos de los análisis de microsilos. Se empleó la técnica más práctica y económica para cada especie ensilada, tratando de ajustarla a las condiciones reales de uso de este tipo de forrajes ensilados por agricultores.

El Jocote (*Spondias purpurea*) y el Sauco Amarillo (*Sambucus canadensis*) fueron ensilados con material sin marchitar y sin melaza en Puriscal; mientras que la Amapola (*Malvaviscus arboreus*) fue premarchitada antes de ensilar, y la Morera (*Morus* sp.) ensilada sin marchitar, ambas sin melaza, en Turrialba.

### 3.2.2.1 Técnica de ensilaje

Para ensilar los forrajes, fueron preparadas bolsas plásticas de cloruro de polivinilo (PVC) de 12 mm de grosor, con una dimensión promedio de un metro de alto y 0,5 metros de ancho, y una capacidad aproximada de 17,4 kg de forraje fresco, similar a la técnica empleada por Laube y Weissbach (1964).

La primera mitad de las bolsas preparadas por especie, fueron llenadas y compactadas manualmente, extrayéndoles el aire remanente con una bomba de vacío de medio caballo de fuerza. Inmediatamente fue doblada la boca de la bolsa hacia abajo, y se amarró colocando una bolsa plástica pequeña invertida, para permitir un mejor sellado. Con la segunda mitad de las bolsas no se utilizó la bomba de vacío. Sin embargo, se obtuvo una calidad de ensilado similar a la preparada con este equipo.

Las bolsas fueron indentificadas y dejadas en reposo para su fermentación en un lugar fresco durante 45 días, en condiciones de alta humedad de Turrialba, a partir de los cuales se iniciaron las pruebas de consumo y producción de leche. En el Cuadro 3 presenta el total de forraje ensilado de cada especie, utilizado en la prueba de consumo y producción.

**Cuadro 3.** Inventario de ensilajes de árboles y arbustos en bolsas de PVC<sup>1</sup> para pruebas de consumo y producción.

Especie	Cantidad de bolsas	Cantidad promedio/bolsa (kg) <sup>2</sup>	Cantidad total/especie (kg) <sup>2</sup>
Amapola ( <i>M. arboreus</i> )	156	18,0	2808
Morera ( <i>Morus sp.</i> )	150	15,5	2325
Jocote ( <i>S. purpurea</i> )	108	19,3	2084
Sauco ( <i>S. canadensis</i> )	76	17,5	1330
Total	490		8547

1\ Cloruro de polivinilo. 2\ Materia fresca

### 3.2.2.2 Manejo de los animales y la alimentación

Fueron seleccionados dos grupos de animales (alta y mediana producción), de cuatro cabras lecheras cada uno (Cuadro 4). Se emplearon cabras lactando,

para mejorar la capacidad de consumo de los ensilajes debido a sus mayores requerimientos nutricionales.

Cuadro 4. Características promedio inicial de las cabras lecheras utilizadas en las pruebas de consumo y producción.

Grupo	Producción de leche (kg)	Peso inicial (kg)	Mes de lactancia	Número de partos
Alta	2,3	49,9	2	4
Mediana	1,7	49,5	2	4

Antes del experimento, todas las cabras fueron desparasitadas y vitaminadas. La alimentación consistió en el suministro a libre consumo (dos veces al día) del ensilaje del follaje de árboles y arbustos como dieta única. Los animales fueron suplementados con sal mineral y agua a libre consumo.

El pesaje de los animales se efectuó durante dos días consecutivos en las siguientes etapas: antes de iniciar el experimento, al iniciar cada período de adaptación, al iniciar cada período de observación y al finalizar el mismo.

### 3.2.2.3 Tratamientos y diseño experimental

Los tratamientos evaluados fueron los ensilajes de las cuatro especies arbóreas y arbustivas. No fue utilizado ningún tratamiento como testigo. Cada cabra correspondió a una unidad experimental.

El diseño original fue un cuadrado latino 4 x 4: 4 tratamientos, 4 cabras, y 4 períodos (16 días de adaptación y 5 de observación por período); utilizando dos cuadrados (grupos de alta y mediana producción). Sin embargo, durante el primer período de adaptación tuvo que ser eliminado el ensilaje de Sauco por presentar bajo consumo. Por esta razón tuvo que reformularse el diseño a un cuadrado latino 3 x 3, con el cual se terminó el experimento.

#### 3.2.2.4 Toma de información y muestreos

Durante el experimento, que se inició el 12 de febrero y terminó el 23 de abril de 1994, se pesó y anotó la producción de leche y el consumo de cada cabra.

La información obtenida del período de observación, fue utilizada para el análisis estadístico. Durante este período, fueron tomadas muestras de 100 ml de leche (de día por medio) de los dos ordeños, en frascos conteniendo 0,05 g de dicromato de potasio ( $K_2CrO_4$ ) como preservante, y almacenados posteriormente en refrigeración hasta el análisis.

En este mismo período fueron muestreados los ensilajes ofrecidos, para analizar las características bromatológicas y los indicadores fermentativos; así como los rechazos por cada animal, para analizar solamente las características bromatológicas. Cada día fueron tomadas dos muestras de 200 g aproximadamente de cada ensilaje ofrecido, y una del material rechazado. Al finalizar el período, se mezclaron y homogenizaron las muestras similares, formando una compuesta para analizar. Una de las muestras del material ofrecido fue sometida el mismo día a la extracción de los jugos con prensa manual para analizar pH, productos amoniacales y ácidos grasos volátiles, con los métodos indicados en el experimento con microsilos.

#### 3.2.2.5 Análisis de laboratorio

Los ensilajes fueron caracterizados a nivel de indicadores bromatológicos (MS, PC, DIVMS); indicadores fermentativos (pH,  $NH_3/NT$ , ácidos acético, butírico y láctico); e indicadores organolépticos (olor, color, textura y humedad).

También fueron analizados los componentes de la leche: el porcentaje de proteína cruda, por el método de titulación con formol; el porcentaje de grasa, utilizando el método de Babcock (Bateman, 1970); los sólidos totales en la leche, por el método gravimétrico (Leslie y Johnstone, 1982); y la acidez titulable, por el método indicado por Revilla (1982).

### 3.2.2.6 Variables estudiadas

Las variables dependientes fueron:

- a) **De consumo:**
  - Consumo de materia seca (g)
  - Materia seca digestible (g)
  - Materia seca en relación al peso vivo (%)
  - Materia seca en relación al peso metabólico
  - Proteína cruda (g)
  - Energía digestible/materia seca consumida (Mcal/kg)
  - Materia seca/kg de leche producido
  - Proteína/kg de leche producido
  - Energía digestible/kg de leche producido
  - Energía digestible consumida
  - Proteína cruda/energía digestible.
- b) **De selectividad**
  - Rechazo de materia seca (%)
  - Digestibilidad de la MS consumida (%)
  - Rechazo de materia seca digestible (%)
  - Rechazo de proteína cruda (%).
- c) **De producción:**
  - Leche/animal/día (kg)
  - Proteína/animal/día (g)
  - Grasa/animal/día (g)
  - Sólidos totales/animal/día (g)
- d) **De calidad de la leche**
  - Grasa (%)
  - Proteína (%)
  - Sólidos totales (%)
  - Acidez titulable

Con los resultados de las variables de consumo analizadas, se desarrolló un balance alimentario considerando los requerimientos de nutrimentos de la NRC (1981), con el propósito de verificar la calidad alimenticia de los ensilajes evaluados.

### 3.3 Análisis estadísticos

La información fue almacenada y organizada utilizando la hoja electrónica del programa Quattro Pro (Borland, 1992). Se realizaron análisis de varianza

siguiendo el procedimiento de Modelos Lineales Generalizados (GLM) del paquete "Statistical Analysis System" (SAS, 1989). También fueron calculadas con este paquete estadístico, las comparaciones de medias a través de la prueba de Duncan ( $p < 0,05$ ) y las medias ajustadas.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1. Evaluación con microsilos

#### 4.1.1. Contenido de materia seca

##### 4.1.1.1. Efecto del ensilado y del premarchitamiento

En el Cuadro 5 se presentan los contenidos de MS de los forrajes antes de ensilar. Como era de esperarse, la adición de melaza y el premarchitado incrementan este parámetro en todos los casos. Puede apreciarse una elevada variación del contenido de MS en los forrajes, debido a las características propias de cada especie, a las condiciones climáticas cambiantes durante el secado, y posiblemente también relacionada al tipo de tejidos y estructuras de cada follaje.

Los valores de MS del forraje fresco sin marchitar y sin melaza antes de ensilar, son similares a los indicados por diferentes autores en América Central para el Chicasquil, Morera, y Tora Blanca; inferiores en el Jocote y Guácimo y mayores en el resto de las especies (Cuadro 6).

**Cuadro 5.** Contenido de materia seca (%) del follaje sin ensilar de leñosas forrajeras por efecto del premarchitado y la adición de melaza.

Indicador	Marchitado				Promedios			
	No		Si		Melaza		Marchitado	
	0% <sup>1</sup>	5%	0%	5%	0%	5%	No	Si
Chicasquil	16,6	19,4	36,6	38,4	26,6	28,9	18,0	37,5
Morera	27,1	29,4	55,2	56,0	41,2	42,7	28,3	55,6
Sauco	22,6	25,1	44,2	45,6	33,4	35,4	23,9	44,9
Jocote	18,0	20,7	38,0	39,7	28,0	30,2	19,3	38,8
Tora blanca	25,2	27,6	50,1	51,2	37,7	39,4	26,4	50,6
Guácimo	26,5	28,8	66,2	66,6	46,4	47,7	27,7	66,4
Amapola	27,6	29,8	56,0	56,8	41,8	43,3	28,7	56,4
Nacedero	24,5	26,9	39,6	41,3	32,1	34,1	25,7	40,5
Promedio	23,5	26,0	48,2	49,5	35,9	37,7	24,8	48,8

1/ Nivel de melaza.

En el Cuadro 7 se comparan los contenidos de MS del forraje original y el ensilaje respectivo, para el material sin marchitar y premarchitado pero sin la adición de melaza. Con la excepción de la Morera, el valor de los ensilajes con material sin marchitar fue superior, en todos los casos, al indicado por Vallejo

*et al.* (1994b) en otro ensayo con microsilos. Estos autores encontraron para el forraje antes de ensilar y el ensilado, los siguientes resultados, respectivamente: Morera (27,0 y 26,9%), Amapola (18,5 y 19,4%), Chicasquil (10,9 y 11,0%) y Tora Blanca (19,8 y 18,7%).

**Cuadro 6.** Valores de materia seca de hojas de leñosas evaluadas en América Central.

	Chicas- quil	Morera	Sauco	Jocote	Tora	Guácimo	Amapola	Nace- dero
	16,5 <sup>1</sup>	28,7 <sup>1</sup>	18,0 <sup>1</sup>	23,7 <sup>1</sup>	20,6 <sup>1</sup>	37,6 <sup>1</sup>	16,5 <sup>1</sup>	20,0 <sup>17</sup>
	19,5 <sup>2</sup>	29,2 <sup>2</sup>	17,3 <sup>2</sup>	26,5 <sup>4</sup>	23,2 <sup>2</sup>	37,0 <sup>2</sup>	18,5 <sup>10</sup>	
	18,3 <sup>4</sup>	25,0 <sup>9</sup>	17,6 <sup>3</sup>	18,4 <sup>8</sup>	19,8 <sup>12</sup>	29,3 <sup>4</sup>	18,5 <sup>12</sup>	
	14,2 <sup>8</sup>	27,3 <sup>11</sup>	16,0 <sup>3</sup>	19,8 <sup>15</sup>	36,9 <sup>5</sup>			
	10,9 <sup>12</sup>	27,0 <sup>12</sup>	13,0 <sup>6</sup>	25,1 <sup>16</sup>	32,9 <sup>8</sup>			
			25,6 <sup>13</sup>	16,0 <sup>7</sup>				
			26,2 <sup>14</sup>					
X	15,9	27,0	16,3	22,7	21,1	34,7	17,8	20,0
C.V.	21,6	05,7	11,2	15,3	08,4	10,3	06,5	

1/Hojas apicales, Araya *et al.* (1994); 2/ Hojas basales, Araya *et al.* (1994); 3/Mendizabal *et al.* (1994); 4/Flores (1994); 5/Reyes y Medina (1994); 6/Hojas de 3 meses, Mejicanos y Ziller (1994); 7/Hojas de 4 meses, Mejicanos y Ziller (1994); 8/Vallejo *et al.* (1994a); 9/Rojas y Benavides (1994); 10/López *et al.* (1994); 11/Velázquez *et al.* (1994); 12/Vallejo *et al.* (1994b); 13/Hojas de 3 meses, Benavides *et al.* (1994); 14/Hojas de 4 meses, Benavides *et al.* (1994); 15/Hojas de 3 meses, Rojas *et al.* (1994); 16/Hojas de 4 meses, Rojas *et al.* (1994); 17/Gómez (1993)

Las pérdidas de MS obtenidas al ensilar los materiales sin marchitar de Amapola (25,4%), Sauco (15,3%) y Jocote (23,9%), superan el rango aceptable (7 al 10%) indicado por Ojeda *et al.* (1991). En los tres últimos casos, esto se debe al menor contenido de MS en el material original, produciéndose mayores pérdidas por efluentes (Henderson *et al.*, 1979; Luis y Ramírez, 1988a; Luis y Ramírez, 1988b). En el resto de los ensilajes, las pérdidas se encuentran dentro del rango indicado.

Con los materiales sin marchitar, el proceso de ensilaje redujo el contenido de MS en casi todas las especies. Esto se atribuye a las transformaciones sufridas en los constituyentes de la MS durante el proceso (Gordon *et al.*, 1961). Por otra parte, este parámetro aumentó en los materiales premarchitados al ensilarse, por la pérdida de humedad durante el ensilado. Según Muck (1988), bajo estas condiciones las pérdidas debidas a la respiración son mínimas.

Cuadro 7. Contenido de materia seca (%) de los forrajes originales y ensilados, sin la adición de melaza.

Especie	Fresco		Ensilado	
	Sin march.	Premarch.	Sin march.	Premarch.
Chicasquil	16,6	36,6	12,7	40,4
Morera	27,1	55,2	27,1	55,7
Sauco	22,6	44,2	18,5	44,3
Jocote	18,0	38,0	13,5	38,6
Tora blanca	25,2	50,1	25,1	56,7
Guácimo	26,5	66,2	24,8	67,1
Amapola	27,6	56,0	19,8	54,8
Nacedero	24,5	39,6	24,2	42,3
Promedio	23,5	48,2	20,7	50,0

#### 4.1.1.2. Efecto del aditivo

Puede apreciarse en el Cuadro 8, que la adición de melaza en los ensilajes incrementa significativamente los valores de MS en todas las especies, debido al elevado contenido de MS de la melaza (Thomas, 1978; McDonald, 1981). Resultados similares encontraron De la Fuente (1990), trabajando con 6 niveles de melaza adicionadas al ensilaje de Madero Negro (*Gliricidia sepium*); Moreno (1977) con ensilaje de pasto Panamá (*Saccharum sinense*) y Aguilera *et al.* (1992) con ensilaje de pasto Elefante (*Pennisetum purpureum*). Sin embargo, Domínguez y Hardy (1988) trabajando con niveles bajos del aditivo (1 y 2%) no encontraron diferencias en el nivel de MS del ensilaje de pasto Bermuda (*Cynodon dactylon*).

Resultados similares se han encontrado con otras fuentes de carbohidratos. Rojas *et al.* (1994), indican que la adición creciente de pulpa de fruto integral de Pejibaye (*Bactris gasipaes* H.B.K.), al pasto King-grass (*Pennisetum purpureum*), incrementó el contenido de MS y redujo las pérdidas por efluentes. Gómez (1990) encontró la misma respuesta con la adición de Pejibaye en ensilajes de Morera (*Morus alba*).

Para el caso de los forrajes premarchitados, se observó una disminución en el nivel de MS en el Chicasquil, Jocote y Tora, probablemente debido a errores de muestreo.

**Cuadro 8.** Contenido de materia seca (%) de ensilajes de follaje de leñosas por efecto del premarchitamiento previo y la adición de melaza.

Especie	----- Marchitado -----				----- Promedios <sup>2</sup> -----			
	No		Si		Melaza		Marchitado	
	0% <sup>1</sup>	5%	0%	5%	0%	5%	No	Si
Chicasquil	12,7	20,0	40,4	37,1	26,5 <sup>b</sup>	28,6 <sup>a</sup>	16,4 <sup>b</sup>	38,8 <sup>a</sup>
Morera	27,1	29,2	55,7	55,8	41,4 <sup>b</sup>	42,5 <sup>a</sup>	28,2 <sup>b</sup>	55,8 <sup>a</sup>
Sauco	18,5	22,7	44,3	52,0	31,4 <sup>b</sup>	37,4 <sup>a</sup>	20,6 <sup>b</sup>	48,2 <sup>a</sup>
Jocote	13,5	16,0	38,6	37,8	26,1 <sup>a</sup>	26,9 <sup>a</sup>	14,8 <sup>b</sup>	38,2 <sup>a</sup>
Tora blanca	25,1	28,0	56,7	52,1	40,9 <sup>a</sup>	40,1 <sup>a</sup>	26,5 <sup>b</sup>	68,8 <sup>a</sup>
Guácimo	24,8	28,6	67,1	68,8	46,0 <sup>b</sup>	48,7 <sup>a</sup>	26,7 <sup>b</sup>	68,0 <sup>a</sup>
Amapola	19,8	23,9	54,8	55,9	37,3 <sup>b</sup>	39,9 <sup>a</sup>	21,9 <sup>b</sup>	55,4 <sup>a</sup>
Nacedero	24,2	27,6	42,3	46,8	33,3 <sup>b</sup>	37,2 <sup>a</sup>	25,9 <sup>b</sup>	44,6 <sup>a</sup>
Promedio	20,7	24,5	50,0	50,9	35,4	37,7	22,6	52,2

1/ Nivel de melaza. 2/ Valores con igual letra horizontal no difieren significativamente ( $p < 0,05$ )

#### 4.1.1.3. Observaciones por especie

Los ANDEVA (Cuadro 1A, Anexo 2) mostraron una interacción significativa ( $p < 0,05$ ) entre el marchitamiento y la adición de melaza para el Chicasquil, el Jocote, el Sauco y la Tora Blanca. En las primeras tres especies, puede ser debido a su bajo contenido inicial de MS que se afecta sustancialmente con el aditivo. Se detectaron diferencias altamente significativas ( $p < 0,01$ ) por efecto del premarchitado y la adición de melaza en la Amapola, el Guácimo y el Nacedero. En la Morera sólo se observó efecto del premarchitado.

#### 4.1.2. Digestibilidad *in vitro* de la materia seca

##### 4.1.2.1. Efecto del ensilado.

En el Cuadro 9 puede observarse la variabilidad de DIVMS que existe entre los follajes antes de ensilarse, tanto sin marchitar como premarchitados. Esto está relacionado con las diferencias estructurales de los tejidos de cada especie. En efecto, en trabajos de caracterización bromatológica de follajes arbóreos y arbustivos llevados a cabo en Costa Rica y Guatemala (Araya *et al.*, 1994; Mendizabal *et al.*, 1994), se encontraron importantes diferencias en los contenidos de celulosa y lignina entre especies, lo cual afecta los valores de DIVMS. Además, la DIVMS y el valor nutritivo final de los forrajes conservados están relacionados con la edad del material utilizado (Minson y McLeod, 1970; Ojeda *et al.*, 1980; Domínguez y Hardy, 1981); así como por las prácticas de fertilización aplicadas

(Ojeda *et al.*, 1992; Dumont y Lanuza, 1993).

**Cuadro 9.** Digestibilidad *in vitro* de la materia seca de los forrajes originales y ensilados sin melaza.

Especie	Forraje	Ensilaje	Forraje	Ensilaje
Chicasquil	77,2	73,6	74,3	72,5
Morera	78,0	68,2	69,5	66,7
Sauco	57,1	53,3	62,2	55,6
Jocote	62,1	59,4	56,5	53,4
Tora blanca	56,0	52,8	59,9	55,9
Guácimo	58,8	52,2	55,6	48,1
Amapola	60,6	55,1	54,4	49,9
Nacedero	60,1	55,2	53,9	53,4
Promedio, %	63,7	58,7	60,8	56,9

Coincidiendo con lo señalado por Rojas y Benavides (1994) y Araya *et al.* (1994), resalta la elevada DIVMS del Chicasquil y la Morera. Estas dos últimas especies y la Amapola tienen valores similares al promedio de los indicados por otros autores en América Central (Cuadro 10). Por otra parte, los valores encontrados para el Sauco y la Tora Blanca son menores, mientras que para el Jocote y el Guácimo son mayores.

En general el proceso de ensilado afecta el nivel de DIVMS de los forrajes, reduciéndose tanto sin marchitar como premarchitados. Sin embargo, no todas las especies son afectadas de la misma manera, destacándose la Morera por ser la especie donde más se disminuye la DIVMS, y el Chicasquil por ser la menos afectada.

En general, los follajes sin marchitar que disminuyeron más su valor de DIVMS por efecto del ensilaje fueron la Morera, la Amapola, el Nacedero y el Jocote, mientras que los materiales premarchitados más afectados fueron el Jocote, la Amapola y el Guácimo, en ese orden.

El premarchitado disminuye más el valor de DIVMS que el mismo proceso de ensilado con respecto al valor original antes de ensilar. Sólo el Sauco y el Jocote incrementaron el valor de este parámetro al ensilarse, tanto en el material sin marchitar como premarchitado, lo que afectó el promedio. Las razones de este comportamiento no están claras y no debe descartarse algún problema relacionado

al muestreo o a la calidad del material utilizado.

**Cuadro 10.** Valores de digestibilidad *in vitro* de la MS de hojas de leñosas evaluadas en América Central.

	Chicas- quil	Morera	Sauco	Jocote	Tora	Guácimo	Amapola	Nace- dero
	86,6 <sup>1</sup>	79,9 <sup>1</sup>	64,4 <sup>1</sup>	56,6 <sup>1</sup>	70,8 <sup>1</sup>	56,6 <sup>1</sup>	54,5 <sup>1</sup>	53,4 <sup>20</sup>
	82,1 <sup>2</sup>	77,4 <sup>2</sup>	66,1 <sup>2</sup>	57,5 <sup>11</sup>	2,7 <sup>2</sup>	54,1 <sup>2</sup>	68,3 <sup>5</sup>	
	74,5 <sup>4</sup>	89,2 <sup>4</sup>	73,7 <sup>3</sup>	56,6 <sup>16</sup>	9,4 <sup>4</sup>	54,3 <sup>3</sup>	64,2 <sup>6</sup>	
	84,4 <sup>5</sup>	70,0 <sup>12</sup>	75,5 <sup>7</sup>	54,8 <sup>19</sup>	9,8 <sup>5</sup>	58,0 <sup>10</sup>	64,7 <sup>13</sup>	
	79,3 <sup>6</sup>	91,3 <sup>14</sup>	67,3 <sup>8</sup>		59,2 <sup>16</sup>	34,7 <sup>11</sup>	54,0 <sup>16</sup>	
	72,9 <sup>11</sup>	73,4 <sup>16</sup>	56,2 <sup>9</sup>			43,0 <sup>15</sup>	58,6 <sup>18</sup>	
	79,3 <sup>16</sup>	77,0 <sup>17</sup>					63,4 <sup>18</sup>	
X	79,9	79,7	67,2	56,4	66,4	50,1	61,1	
CV	06,2	09,9	10,3	02,0	07,7	18,4	09,0	

1/ Hojas apicales, Araya *et al.* (1994); 2/ Hojas basales, Araya *et al.* (1994); 3/ Mendizabal *et al.* (1994); 4/ Rojas y Benavides (1994); 5/ Jegou *et al.* (1994); 6/ Digestibilidad *in vivo*, Jegou *et al.* (1994); 7/ Hojas de 3 meses de edad, Mejicanos y Ziller (1994); 8/ Hojas de 4 meses, Mejicanos y Ziller (1994); 9/ Hojas de 6 meses, Mejicanos y Ziller (1994); 10/ Medina (1994); 11/ Vallejo *et al.* (1994a); 12/ Rojas y Benavides (1992); 13/ López *et al.* (1994); 14/ Rodríguez *et al.* (1994); 15/ Vargas y Elvira (1994); 16/ Vallejo *et al.* (1994b); 17/ Benavides *et al.* (1994); 18/ López *et al.* (1994); 19/ Rojas *et al.* (1994); 20/ Vallejo, 1993

#### 4.1.2.2 Efecto del premarchitado

En los ensilajes con y sin aditivo, el premarchitado también reduce la DIVMS. Los follajes que mantienen los mayores niveles de DIVMS son el Chicasquil y la Morera, siendo el primero poco afectado tanto por efecto del marchitamiento como del ensilado. Sin embargo, destaca esta última especie, entre todos los follajes, por la fuerte pérdida de DIVMS durante ambos procesos (Cuadro 11).

De acuerdo con Ojeda *et al.* (1991), en un adecuado proceso de ensilaje deben minimizarse las pérdidas de nutrientes y con ello evitar cambios en el valor nutritivo del alimento. Sin embargo, son frecuentes las alteraciones con respecto al follaje original, principalmente en el caso de la DIVMS. Autores como Gordon *et al.* (1961) y Olave y Castellar (1987), dan ejemplo de lo anterior en ensilajes de Alfalfa y de follaje de Soya, respectivamente.

Los valores de DIVMS obtenidos con el ensilaje de Amapola y Tora Blanca no fueron diferentes a los indicados por Vallejo *et al.* (1994b), también con microsilos. Estos autores encontraron los siguientes resultados para el forraje

original y el ensilado, respectivamente: Morera (73,4 y 72,8%), Amapola (54,0 y 55,6%), Chicasquil (79,3 y 77,6%) y Tora Blanca (59,2 y 58,4%).

**Cuadro 11.** Digestibilidad *in vitro* de la materia seca de ensilajes de leñosas por efecto del premarchitado y la adición de melaza.

Especie	----- Marchitado -----				----- Promedios <sup>2</sup> -----			
	No		Si		Melaza		Marchitado	
	0% <sup>1</sup>	5%	0%	5%	0%	5%	No	Si
Chicasquil <sup>2</sup>	74,3	77,6	72,5	75,4	73,4 <sup>b</sup>	76,5 <sup>a</sup>	76,0 <sup>a</sup>	74,0 <sup>a</sup>
Morera	69,5	72,8	66,7	67,8	68,1 <sup>a</sup>	70,3 <sup>a</sup>	71,2 <sup>a</sup>	67,3 <sup>b</sup>
Sauco	62,2	61,1	55,6	60,3	58,9 <sup>b</sup>	60,7 <sup>a</sup>	61,7 <sup>a</sup>	58,0 <sup>b</sup>
Jocote	56,5	67,7	53,4	61,2	55,0 <sup>b</sup>	64,5 <sup>a</sup>	62,1 <sup>a</sup>	57,3 <sup>b</sup>
Tora blanca	59,9	59,1	55,9	58,2	57,9 <sup>a</sup>	58,7 <sup>a</sup>	59,5 <sup>a</sup>	57,1 <sup>b</sup>
Guácimo	55,6	62,0	48,1	59,3	51,9 <sup>b</sup>	60,7 <sup>a</sup>	58,8 <sup>a</sup>	53,7 <sup>a</sup>
Amapola	54,4	62,1	49,9	53,3	52,2 <sup>b</sup>	57,7 <sup>a</sup>	58,3 <sup>a</sup>	51,6 <sup>b</sup>
Nacedero	53,9	65,2	53,4	59,0	53,7 <sup>b</sup>	62,1 <sup>a</sup>	59,6 <sup>a</sup>	56,2 <sup>b</sup>
Promedio	60,8	66,0	56,9	61,8	58,9	63,9	63,4	59,4

1/ Nivel de melaza. 2/ Valores con igual letra horizontal no difieren significativamente ( $p < 0,05$ ).

Debido a que existen pocas referencias sobre ensilajes de hojas de leñosas no leguminosas, los resultados obtenidos sólo pueden ser comparados con los encontrados para gramíneas, leguminosas rastreras y mezclas de ambos. Comparados con los datos de Siebald *et al.* (1988) con Avena y con un valor de 55,0%, Stokes y Chen (1991) con una mezcla de pasto Timothy y leguminosas de 59,7%, e Iglesias *et al.* (1992), con una mezcla de Maíz y Dolichos (*Lablab purpureus*) de 63,2%; se presentan ensilados de leñosas que los superan ampliamente, como la Morera y el Chicasquil.

#### 4.1.2.3 Efecto del aditivo

En el Cuadro 11 puede apreciarse también, que la adición de melaza incrementa la DIVMS tanto en los materiales sin marchitar como en los premarchitados, siendo los valores inferiores para el caso de estos últimos debido a la pérdida de calidad por la práctica de secado. En promedio, los ensilajes sin marchitar y con melaza mostraron un mayor nivel de DIVMS.

En los ensilajes sin marchitar pueden apreciarse tres grupos: los de mayor calidad (Chicasquil y Morera), con un ligero incremento al agregar la melaza; los de

calidad intermedia (Sauco y Tora), que muestran una reducción con el aditivo; y los de baja calidad (Jocote, Guácimo, Amapola y Nacedero), que presentan un incremento considerable en la DIVMS al adicionar la melaza.

Lo anterior demuestra que conforme la calidad del forraje empleado es menor, la adición de melaza ejerce un efecto más significativo en el mejoramiento de la calidad del ensilado. Esto coincide con lo afirmado por Ojeda *et al.* (1991), quienes indican que la melaza es particularmente efectiva para mejorar la fermentación de los forrajes pobres en azúcares y con altos contenidos de proteína. De la Fuente (1990) también encontró incrementos lineales en la DIVMS del ensilaje de *G. sepium*, al adicionar distintos niveles de melaza. Umaña *et al.* (1991) también indicaron un mejoramiento de la DIVMS al adicionar melaza al ensilaje de pasto Bermuda.

Como se mencionó anteriormente, la adición de melaza mejora la DIVMS de los ensilajes premarchitados y en el caso de las especies de menor calidad, el incremento es menor comparado con el de los forrajes sin marchitar. De la Fuente (1990) también encontró mayor DIVMS con el ensilaje de *G. sepium* premarchitado y 6% de melaza (60,1%), que con el premarchitado sin aditivo (54,7%).

#### 4.1.2.4. Observaciones por especie

Los ANDEVA de DIVMS (Cuadro 2A, Anexo 2) mostraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) para la interacción entre el premarchitamiento y la adición de melaza en Nacedero, Sauco y Tora Blanca. En el Nacedero el efecto detrimental del premarchitado es mayor en el ensilaje con melaza que en aquel sin la presencia del aditivo, mientras que en el Sauco y la Tora blanca este efecto es mayor en el ensilaje sin melaza. A la luz de los conocimientos actuales no es posible dar una explicación clara a este fenómeno.

Se presentaron diferencias altamente significativas ( $p < 0,05$ ) por efecto del marchitamiento y del nivel de aditivo en la Amapola, el Jocote y la Morera y por efecto del aditivo en el Guácimo y el Chicasquil.

### 4.1.3 Proteína cruda (% PC)

#### 4.1.3.1 Efecto del ensilado

En el Cuadro 12 puede apreciarse que existen importantes diferencias en el contenido de PC entre los distintos follajes originales, tanto sin marchitar como premarchitados. Según Kass y Rodríguez (1993), las diferencias presentadas se deben a las distintas estructuras nitrogenadas de los tejidos de cada especie (proteína verdadera, ácidos nucleicos, nitrógeno no proteico soluble en agua y la fracción insoluble asociada con lignina, principalmente).

**Cuadro 12.** Contenido de proteína cruda de follajes de leñosas forrajeras antes de ensilar y el ensilaje respectivo sin aditivo.

Especie	Forraje		Ensilaje	
	Sin march.	Premarch.	Sin march.	Premarch.
Chicasquil	21,2	18,6	21,3	23,6
Morera	17,1	16,1	18,3	15,7
Sauco	14,8	14,9	16,3	16,2
Jocote	15,5	16,0	15,4	16,8
Tora blanca	17,6	15,9	19,5	15,8
Guácimo	18,8	15,8	19,2	15,6
Amapola	20,3	17,1	22,7	14,0
Nacedero	13,9	15,8	19,6	16,1
Promedio, %	17,4	16,3	19,0	16,7

Al comparar los forrajes originales y los respectivos ensilajes tanto sin marchitar como premarchitados, se observa en términos generales un incremento del contenido de PC con el proceso de ensilaje. Esto ocurre debido a la reducción de la MS por fermentación de los carbohidratos solubles.

Comparando los resultados de PC del forraje original sin marchitar con los obtenidos por diferentes autores en América Central (Cuadro 13), se aprecian menores valores para el caso del Chicasquil, Morera, Sauco, Tora Blanca y Nacedero, similares en los casos del Guácimo y la Amapola, y únicamente el Jocote mostró un valor mayor al de estos autores. Estas diferencias pueden estar asociadas al tipo de muestra tomada, a la edad del material y a la época del año.

Los valores de PC obtenidos del ensilaje de Amapola y Tora Blanca fueron superiores a los indicados por Vallejo *et al.* (1994b) también en microsilos. Estos

autores encontraron los siguientes resultados para el follaje sin marchitar y el ensilaje producido respectivamente: Morera (23,4 y 24,9%), Amapola (17,5 y 17,9%), Chicasquil (24,7 y 23,1%) y Tora Blanca (15,8 y 16,1%).

**Cuadro 13.** Contenido de proteína cruda de hojas de leñosas forrajeras de América Central.

	Chicas- quil	Morera	Sauco	Jocote	Tora	Guácimo	Amapola	Nace dero
	42,4 <sup>1</sup>	23,0 <sup>1</sup>	28,5 <sup>1</sup>	16,5 <sup>1</sup>	20,8 <sup>1</sup>	23,1 <sup>1</sup>	22,4 <sup>1</sup>	18,0 <sup>20</sup>
	40,9 <sup>2</sup>	19,1 <sup>4</sup>	25,1 <sup>2</sup>	8,9 <sup>9</sup>	18,6 <sup>2</sup>	19,5 <sup>2</sup>	24,1 <sup>10</sup>	16,6 <sup>20</sup>
	24,7 <sup>12</sup>	23,4 <sup>12</sup>	29,5 <sup>3</sup>	16,4 <sup>13</sup>	15,8 <sup>12</sup>	16,0 <sup>8</sup>	17,5 <sup>12</sup>	17,5 <sup>20</sup>
	28,9 <sup>13</sup>	20,9 <sup>14</sup>	25,8 <sup>3</sup>	15,1 <sup>19</sup>		14,7 <sup>11</sup>	21,6 <sup>17</sup>	
		19,2 <sup>15</sup>	25,5 <sup>5</sup>			18,8 <sup>13</sup>	20,8 <sup>18</sup>	
		18,9 <sup>16</sup>	15,6 <sup>7</sup>					
		16,7 <sup>16</sup>						
X	34,2	20,2	24,7	14,2	18,4	18,4	21,3	17,4
CV	25,6	11,9	18,5	25,4	13,6	17,8	11,5	4,1

1/ Hojas apicales, Araya *et al.* (1994); 2/ Hojas basales, Araya *et al.* (1994); 3/ Mendizabal *et al.* (1994); 4/ Rojas y Benavides (1994); 5/ Hojas de 3 meses de edad, Mejicanos y Ziller (1994); 6/ Hojas de 4 meses de edad, Mejicanos y Ziller (1994); 7/ Hojas de 6 meses de edad, Mejicanos y Ziller (1994); 8/ Medina (1994); 9/ Vallejo *et al.* (1994a); 10/ López *et al.* (1994); 11/ Vargas y Elvira (1994); 12/ Vallejo *et al.* (1994b); 13/ Flores (1994); 14/ Hojas de 3 meses de edad, Benavides *et al.* (1994); 15/ Hojas de 4 meses de edad, Benavides *et al.* (1994); 16/ Rodríguez *et al.* (1994); 17/ Hojas de 3 meses de edad, López *et al.* (1994); 18/ Hojas de 4 meses de edad, López *et al.* (1994); 19/ Rojas *et al.* (1994); 20/ Gómez (1993).

El bajo contenido de PC ha sido señalado como una de las principales limitantes de los ensilajes tropicales para utilizarlos en la producción animal durante el período seco. Los resultados anteriores reflejan un mayor contenido proteico de los árboles y arbustos ensilados, que los indicados por diferentes autores para otros forrajes tropicales: 6,6% (Aguilera *et al.*, 1992) y 7,2% (Luis y Ramírez, 1988a) para pasto *P. purpureum*; 4,6% en sorgo forrajero (Aguilera *et al.*, 1992); 7% promedio en ensilaje de pastos Pangola (*D. decumbens*), Guinea común (*P. maximum*), Bermuda cruzada (*Cynodon dactylon*) y mezclas de éstos (Esperance, 1986); 7,4% en pasto *P. maximum* (Milera y Herrera, 1991); 11,3% (Iglesias *et al.*, 1991) y 13,4% (Iglesias *et al.*, 1992) en ensilaje Maíz-Dolichos; 8% en maíz (Jones *et al.*, 1971); 10,4% en mezclas de Guinea-Dolichos, 9,4% de Bermuda-Dolichos y 11,4% *P. purpureum*-Dolichos (Ojeda *et al.*, 1990a).

Los valores de PC encontrados también superan a los ensilajes hechos con

forrajes de clima templado: 18,2% en alfalfa (McCullough *et al.*, 1960); 15,7% en alfalfa premarchitada (Jones *et al.*, 1971); 11,3% en pasto Bermuda (Miller *et al.*, 1967); 8,0% en Avena (Siebald *et al.*, 1988); y 14,4% en pasto *Tripsacum dactyloides* (Dickerson y Salon, 1993).

#### 4.1.3.2 Efecto del premarchitado

Tal y como puede observarse en el Cuadro 14, tanto el premarchitado como la adición de melaza, disminuyen el contenido de PC en los ensilados, siendo menor esta reducción por efecto del aditivo. En los forrajes premarchitados se presentan los menores valores de PC, debido probablemente a pérdidas por degradación a productos no proteicos durante el secado (Papadopoulos y McKersie, 1983); o por una posible desaminación de los aminoácidos por parte de los clostridios, cuando el pH de los ensilajes no se encuentra entre 3,8 y 4,2 como en estos casos (Olave y Castellár, 1987). Con la excepción del Chicasquil, la disminución es mayor a medida que es más elevado el contenido inicial de proteína en el ensilaje sin marchitar, como en el caso de la Morera, la Tora blanca, el Guácimo, la Amapola y el Nacedero.

Kemble y MacPherson (1954) y Muck (1987) afirman que la proteólisis se reduce sustancialmente con el aumento en el contenido de MS (presecado); mientras que Papadopoulos y McKersie (1983) indican que, a pesar de la proteólisis, tanto en el proceso de fermentación como en el premarchitado, se degrada mayor cantidad de proteína durante todo el período de ensilaje que durante un premarchitado de veinticuatro horas con especies como Alfalfa (*Medicago sativa*), Trébol Rojo (*Trifolium pratense*), *Lotus corniculatus*, *Bromus inermis*, *Dactylis glomerata* y *Phleum pratense*.

Sin embargo, Playne (1963) indica que el incremento de la capacidad amortiguadora durante el ensilaje no se encuentra totalmente relacionado al incremento de los productos de la degradación de las proteínas. Playne y McDonald (1966) mencionan como ventaja del premarchitado, la reducción de la capacidad amortiguadora en *Trifolium pratense*, debido a la reducción de los ácidos orgánicos. Estos autores mencionan también que el incremento de la capacidad amortiguadora durante el inicio del proceso de ensilaje, puede atribuirse a la formación de lactatos y acetatos, y concluyen que las proteínas contribuyen poco a la capacidad amortiguadora de los forrajes con pH entre 4,0 y 6,0. Debe

considerarse también que el contenido de PC se reduce después de cierta madurez del forraje y de acuerdo a cada especie (Esperance, 1986; Domínguez y Hardy, 1988; Ojeda *et al.*, 1992), afectando también la calidad proteica del ensilaje.

De la Fuente (1990) también obtuvo, con ensilaje de *G. sepium*, un mayor contenido de PC en ensilaje premarchitado (25,6%) al compararlo con material sin marchitar (22,2%). Mientras que Henderson *et al.* (1972), trabajando con Ryegrass (*Lolium perenne*) encontraron que al premarchitar se reduce ligeramente el contenido de PC. Castle y Watson (1973) indicaron además un menor contenido de PC en el ensilaje de este pasto al premarchitar durante dos días (11,7%) que en un solo día (12,9%).

#### 4.1.3.3 Efecto del aditivo

Como ya se ha mencionado se observó una disminución general del contenido de PC al adicionar melaza (Cuadro 14). Las excepciones fueron el Chicasquil y el Jocote sin marchitar, que muestran un aumento de PC con la adición de melaza, relacionado probablemente con el bajo contenido de MS inicial de estos forrajes antes de ensilar o a errores en el muestreo.

Resultados similares obtuvo De la Fuente (1990) con ensilaje de *G. sepium*, indicando que la reducción de PC no se atribuye a la proteólisis como causa única, sino al incremento de MS total con la adición de la melaza, lo cual diluye el valor de la proteína. Gómez (1990) también indicó que, al incrementar los niveles de Pejibaye como fuente de carbohidratos en una mezcla con Morera, se produce una reducción del contenido de PC. Sin embargo, cuando los niveles de aditivo son bajos (1 al 2%) no se observan diferencias en el contenido de PC (Domínguez y Hardy, 1988). De la Fuente (1990) también indicó menor contenido de PC con ensilaje de forraje premarchitado de *G. sepium* con 6% de melaza, que con el forraje premarchitado sin aditivo. La diferencia observada entre el Chicasquil y el resto de los forrajes, puede deberse a un menor deterioro de PC con el premarchitado, por el mayor contenido de humedad que poseía la especie antes de ensilar.

Solamente en el sauco el contenido de PC de los ensilajes con melaza aumentó con el premarchitado, lo cual puede deberse a la dilución de este componente por efecto del aditivo. La Amapola vuelve a mostrar una variación considerable del contenido de PC al premarchitarse con el aditivo, comparándolo

con el material sin marchitar, lo cual reitera la hipótesis de que la proteína de esta especie es susceptible a deteriorarse con la práctica del secado antes de ensilar.

**Cuadro 14.** Contenido de proteína cruda de ensilajes de especies leñosas por efecto del premarchitado y la adición de melaza.

Especie	----- Marchitado -----				----- Promedios <sup>2</sup> -----			
	No		Si		Melaza		Marchitado	
	0% <sup>1</sup>	5%	0%	5%	0%	5%	No	Si
Chicasquil	21,3	22,9	23,6	19,7	22,5 <sup>a</sup>	21,3 <sup>b</sup>	22,1 <sup>a</sup>	21,7 <sup>a</sup>
Morera	18,3	17,2	15,7	15,2	17,0 <sup>a</sup>	16,2 <sup>a</sup>	17,8 <sup>a</sup>	15,5 <sup>b</sup>
Sauco	16,3	15,2	16,2	15,9	16,3 <sup>a</sup>	15,6 <sup>a</sup>	15,8 <sup>a</sup>	16,1 <sup>a</sup>
Jocote	15,4	16,4	16,8	15,8	16,1 <sup>a</sup>	16,1 <sup>a</sup>	15,9 <sup>a</sup>	16,3 <sup>a</sup>
Tora blanca	19,5	16,0	15,8	14,7	17,7 <sup>a</sup>	15,4 <sup>b</sup>	17,8 <sup>a</sup>	15,3 <sup>b</sup>
Guácimo	19,2	17,1	15,6	16,3	17,4 <sup>a</sup>	16,7 <sup>a</sup>	18,2 <sup>a</sup>	16,0 <sup>b</sup>
Amapola	22,7	20,0	14,0	14,2	18,4 <sup>a</sup>	17,1 <sup>a</sup>	21,4 <sup>a</sup>	14,1 <sup>b</sup>
Nacedero	19,6	18,9	16,1	15,7	17,9 <sup>a</sup>	17,3 <sup>b</sup>	19,3 <sup>a</sup>	15,9 <sup>b</sup>
Promedio	19,0	18,0	16,7	15,9	17,9	16,9	18,5	16,3

1/ Nivel de melaza. 2/ Valores con igual letra horizontal no difieren significativamente ( $p < 0,05$ ).

Los ANDEVA del contenido de PC (Cuadro 3A, Anexo 2) mostraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) para la interacción entre el premarchitado y la adición de melaza en el Chicasquil, Guácimo, Amapola, Jocote y Tora Blanca. En el Chicasquil y el Jocote, el premarchitado reduce el contenido de PC del ensilaje con melaza y lo incrementa cuando no se aplica este aditivo. En los otros follajes el premarchitado disminuye este parámetro en todos los casos, pero su efecto es menor en los materiales con melaza. Se presentaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) por efecto del premarchitado en Morera y Nacedero y por efecto del aditivo en este último.

#### 4.1.4. Nitrógeno amoniacal en relación al nitrógeno total ( $\text{NH}_3/\text{NT}$ )

##### 4.1.4.1. Efecto del premarchitado

El premarchitado reduce más el contenido de productos amoniacales que la adición de melaza, siendo más fuerte esta reducción en el material sin melaza (Cuadro 15). Lo anterior, debido probablemente a la alteración de la proteína por el secado y a la menor humedad disponible, que limitan la producción de estos compuestos. La Amapola es la única que presenta mayores valores con el premarchitado, ya que, como se dijo anteriormente, en esta especie es posible que

esta práctica favorezca una mayor descomposición de la proteína en productos amoniacales.

Anderson (1983) encontró también un mayor nivel de estos compuestos en forrajes por efecto del premarchitamiento; al igual que Luis *et al.* (1992) con forraje de *P. purpureum* premarchitado (9,2%) y sin marchitar (6,52%). Sin embargo, Glenn (1990) encontró mayor concentración en forraje sin marchitar (13,8%) que con el premarchitado (11%) de pasto Bermuda, al igual que Miller *et al.* (1967) y Umaña *et al.* (1991) con este mismo pasto. Papadopoulos y McKersie (1983) también señalan que generalmente los ensilajes de material premarchitado presentan contenidos de NH<sub>3</sub> menores que los forrajes sin marchitar.

**Cuadro 15.** Contenido de nitrógeno amoniacal en relación al nitrógeno total de ensilajes de especies leñosas por efecto del premarchitado y la adición de melaza.

Especie	Marchitado				Promedios <sup>2</sup>			
	No		Si		Melaza		Marchitado	
	0% <sup>1</sup>	5%	0%	5%	0%	5%	No	Si
Chicasquil	7,9	5,1	1,6	1,0	4,7 <sup>a</sup>	3,0 <sup>b</sup>	6,5 <sup>a</sup>	1,3 <sup>b</sup>
Morera	1,9	1,1	0,0	0,1	1,0 <sup>a</sup>	0,7 <sup>a</sup>	1,5 <sup>a</sup>	0,1 <sup>b</sup>
Sauco	4,4	3,4	0,8	0,4	2,6 <sup>a</sup>	1,9 <sup>b</sup>	3,9 <sup>a</sup>	0,6 <sup>b</sup>
Jocote	0,9	1,1	0,2	0,3	0,5 <sup>a</sup>	0,7 <sup>a</sup>	1,0 <sup>a</sup>	0,3 <sup>b</sup>
Tora blanca	9,9	4,5	3,6	3,9	6,8 <sup>a</sup>	4,2 <sup>b</sup>	7,2 <sup>a</sup>	3,8 <sup>b</sup>
Guácimo	1,3	0,3	1,1	1,3	1,2 <sup>a</sup>	0,9 <sup>b</sup>	0,8 <sup>b</sup>	1,2 <sup>a</sup>
Amapola	1,5	0,7	3,5	3,6	2,5 <sup>a</sup>	2,2 <sup>a</sup>	1,1 <sup>b</sup>	3,5 <sup>a</sup>
Nacedero	8,5	4,0	0,8	0,2	4,6 <sup>a</sup>	2,1 <sup>b</sup>	6,2 <sup>a</sup>	0,5 <sup>b</sup>
Promedio	4,5	2,5	1,5	1,3	3,0	1,9	3,5	1,4

1/ Nivel de melaza. 2/ Valores con igual letra horizontal no difieren significativamente ( $p < 0,05$ ).

En los forrajes sin marchitar pueden apreciarse dos grupos de acuerdo con la producción de amoníaco: uno de menor producción (<2%) constituido por la Morera, Jocote, Guácimo y Amapola; y otro de mayor producción (>4%) conformado por el Sauco, Chicasquil, Tora Blanca y Nacedero. De acuerdo a lo planteado por Ojeda *et al.* (1991), para las últimas tres especies citadas, es aceptable el nivel de NH<sub>3</sub> de los ensilajes sin marchitar (<20%). Los valores encontrados también están por debajo del nivel crítico mencionado por Carpintero *et al.* (1969) en ensilaje de Alfalfa (11%), el cual se reduce considerablemente al adicionar melaza. Para el resto de las especies el nivel de productos amoniacales

está dentro del óptimo (<7%) de acuerdo con Ojeda *et al.* (1991).

En los ensilajes sin marchitar y altos en proteína (Chicasquil, Tora Blanca y Nacedero), la cantidad de productos amoniacales obtenidos es mayor, superando a la obtenida al presecarlos sin melaza. Sin embargo, este fenómeno puede deberse no sólo a la transformación de la proteína en estos productos, sino al deterioro por sólo el efecto del premarchitado, lo cual reduce la producción de NH<sub>3</sub>.

#### 4.1.4.2. Efecto del aditivo

Las tendencias en todas las especies reflejan que, para el caso de los ensilajes sin marchitar, la adición de melaza reduce sustancialmente la producción de amoníaco. Lo anterior es similar a lo encontrado por López (1989) con la adición de 8% de melaza al ensilaje de *P. purpureum*; y De la Fuente (1990) con ensilaje de *G. sepium*. Esto ocurre por el estímulo de la fermentación láctica que permite la melaza y la reducción de la actividad hídrica del ensilaje que disminuye la actividad de los Clostridios (Carpintero *et al.* 1969), paralizando la fermentación (Catchpoole, 1970). Domínguez y Hardy (1988) también encontraron una menor concentración de productos amoniacales con el mayor nivel de melaza (2%) utilizado en ensilaje de pasto *C. dactylon* de corta edad. La adición de 8% de melaza a una mezcla de Sorgo-Dolichos (Ojeda y Díaz, 1992) también permite la reducción de productos amoniacales.

Excepto para el Jocote, la adición de melaza reduce las pérdidas por amoníaco, especialmente en los forrajes con mejor calidad proteica después de ensilados (Chicasquil, Tora Blanca y Nacedero). Estos presentaron mayores pérdidas, lo cual demuestra que parte de la proteína se transforma y pierde en este producto.

Aguilera (1980) también observó el efecto positivo sobre el contenido de NH<sub>3</sub>/NT en pasto Bermuda, donde al agregar 4% de melaza al ensilaje se obtuvo un 1,6% de nitrógeno amoniacal, mientras que sin el aditivo el nivel fue de 2,2%. Umaña *et al.* (1991) también indicaron un menor contenido de productos amoniacales al adicionar la melaza en este mismo pasto. Luis y Ramírez (1989b) también encontraron menor contenido de NH<sub>3</sub>/NT al adicionar 8% de melaza (2,03%) al compararse con el tratamiento control (4,53%) en pasto *Chloris gayana*. Jones (1993) observó una reducción de estos productos al utilizar melaza de

remolacha (6,43%) al compararla con el tratamiento control (8,23%) en pasto *L. perenne*.

En los ensilajes premarchitados las pérdidas de productos amoniacaes fueron menores, lo cual coincide con lo encontrado por De la Fuente (1990) con *G. sepium* premarchitado y premarchitado con 6% de melaza. De acuerdo a la producción de amoníaco, pueden observarse dos grupos: uno de elevada producción (Tora y Amapola) y otro de menor producción conformado por el resto de las especies. En todos los ensilajes premarchitados, los niveles encontrados se encuentran dentro del rango óptimo (<7%) según Ojeda *et al.* (1991).

La adición de melaza también provoca cambios entre el material sin marchitar y premarchitado de cada especie. Los productos amoniacaes se reducen considerablemente con este aditivo en el ensilaje de Chicasquil, Sauco y Nacadero. El Guácimo y la Amapola presentan un aumento de estos al adicionar melaza en los forrajes premarchitados, lo cual puede ser reflejo de que el aditivo afecta la calidad proteica de estas especies al estimular la descomposición de las fuentes nitrogenadas en amoníaco en estos materiales.

Con la excepción del Jocote, los ANDEVA (Cuadro 4A, Anexo 2) mostraron interacciones significativas ( $p < 0,05$ ) entre el premarchitamiento y el nivel de melaza. Esto refleja que el efecto detrimental del premarchitado sobre este parámetro fue mayor en los ensilajes con melaza que en aquellos sin este aditivo. En el Jocote se presentaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) por efecto del marchitamiento y del nivel de aditivo.

Los valores de amonio fueron menores a los indicados por Iglesias *et al.* (1992), para una mezcla de Maíz-Dolichos (10,6%); y 13,6% para una mezcla de pasto Guinea-Dolichos, 10,0% mezcla de Bermuda-Dolichos y 18,5% *P.purpureum*-Dolichos, según Ojeda *et al.* (1990a). También fueron menores que los señalados por Ojeda y Díaz (1991) para ensilaje de Guinea (27,7%) y Guinea-*Lablab* (13,2%); y para el ensilaje de *Andropogon gayanus* (15,1%), según Ojeda *et al.* (1993). Siebald *et al.* (1988) encontraron un contenido promedio en ensilaje de Avena de 14,9%.

#### 4.1.5. Acidez (pH)

##### 4.1.5.1. Efecto del premarchitado

En el cuadro 16 se aprecia que, en casi todas las especies, el premarchitado aumenta el pH y que los mejores niveles se presentan en los ensilajes sin marchitar. Lo anterior no indica una menor vida útil del ensilaje ya que la acidez, especialmente cuando el contenido de MS supera el 40%, juega un rol menos importante en la calidad final (Wieringa, 1957; Wieringa, 1969; Leibensperger y Pitt, 1987; Muck, 1987; 1988).

**Cuadro 16.** Acidez (pH) de ensilajes de leñosas forrajeras por efecto del premarchitado y la adición de melaza.

Especie	Marchitado				Promedios <sup>2</sup>			
	No		Si		Melaza		Marchitado	
	0% <sup>1</sup>	5%	0%	5%	0%	5%	No	Si
Chicasquil <sup>2</sup>	4,2	3,8	4,4	4,0	4,3 <sup>a</sup>	3,9 <sup>b</sup>	4,0 <sup>b</sup>	4,2 <sup>a</sup>
Morera	4,4	4,0	4,7	4,5	4,6 <sup>a</sup>	4,3 <sup>b</sup>	4,2 <sup>b</sup>	4,6 <sup>a</sup>
Sauco	4,4	3,8	4,6	4,1	4,5 <sup>a</sup>	4,0 <sup>b</sup>	4,1 <sup>b</sup>	4,4 <sup>a</sup>
Jocote	2,6	2,8	2,7	2,8	2,7 <sup>b</sup>	2,8 <sup>a</sup>	2,7 <sup>a</sup>	2,8 <sup>a</sup>
Tora blanca	5,0	4,0	5,2	4,6	5,1 <sup>a</sup>	4,3 <sup>b</sup>	4,5 <sup>b</sup>	4,9 <sup>a</sup>
Guácimo	5,2	3,8	5,2	4,9	5,2 <sup>a</sup>	4,4 <sup>b</sup>	4,5 <sup>b</sup>	5,1 <sup>a</sup>
Amapola	5,6	4,2	4,9	4,4	5,3 <sup>a</sup>	4,3 <sup>b</sup>	4,9 <sup>a</sup>	4,7 <sup>b</sup>
Nacedero	7,1	5,2	7,6	6,3	7,4 <sup>a</sup>	5,8 <sup>b</sup>	6,2 <sup>b</sup>	7,0 <sup>a</sup>
Promedio	4,8	3,9	4,9	4,5	4,9	4,2	4,4	4,7

1/ Nivel de melaza. 4/ Valores con igual letra horizontal no difieren significativamente, ( $p < 0,05$ ).

El mayor pH al premarchitarse el material en los ensilajes sin melaza, coincide con lo indicado por Miller *et al.* (1967), McDonald *et al.* (1968), Alder *et al.* (1969), Henderson *et al.* (1972), Thomas (1978), McDonald (1981), Muck (1988) y Luis *et al.* (1992).

Los ANDEVA para el pH (Cuadro 5A, Anexo 2) mostraron diferencias altamente significativas ( $p < 0,01$ ) para la interacción entre el premarchitamiento y el nivel de aditivo en Tora Blanca, Guácimo y Nacedero. Esto refleja que con el premarchitamiento el pH se incrementó en mayor medida con la adición de melaza, que cuando no se utilizó este aditivo. Se presentaron diferencias altamente significativas ( $p < 0,01$ ) por efecto del premarchitamiento y el nivel de melaza en el Chicasquil y la Morera, y sólo por efecto del aditivo en el Jocote. El Sauco no mostró diferencias por efecto de los tratamientos.

#### 4.1.5.2. Efecto del aditivo

El cuadro 16 también muestra la tendencia de esta variable en ensilajes sin marchitar y premarchitados al adicionar melaza. Puede observarse que el aditivo favorece una reducción del pH, especialmente en aquellos ensilajes que, sin aditivo, mostraron elevada acidez, como en el caso de Tora Blanca, Guácimo, Amapola y Nacedero. Lo anterior ocurre porque la adición de melaza favorece un menor pH debido al efecto acidificante provocado por la actividad de las bacterias ácido lácticas (Jackson y Forbes, 1970; Luis y Ramírez, 1989b). Resultados similares obtuvo Gómez (1990) con la adición de Pejibaye como fuente de carbohidratos en ensilajes de Morera.

La misma respuesta indicaron Lanigan (1961), Carpintero *et al.* (1969), Catchpoole (1970), Thomas (1978), Domínguez y Hardy (1988), Muck (1988), Luis y Ramírez (1989b), López (1989), Ojeda *et al.* (1990a), Umaña *et al.* (1991) y Aguilera *et al.* (1992). De la Fuente (1990) también encontró el mismo resultado con la adición de melaza al ensilaje de *G. sepium*. Papadopoulos y McKersie (1983) indicaron lo contrario con ensilaje de pasto Timothy, donde el menor pH lo presentó el forraje premarchitado con 24 horas de secado (4,0), del premarchitado con 6 horas (4,1) y del material sin marchitar (4,4).

Sin embargo, el Nacedero aún con la melaza sigue presentando un pH (5,2) no apto para garantizar una adecuada conservación del forraje. Para el caso particular del Jocote, el aditivo permite un ligero incremento del pH lo cual es favorable en esta especie, debido a que los niveles encontrados están por debajo de lo recomendable para forrajes conservados, lo cual puede causar problemas de consumo y trastornos metabólicos posteriores.

En el ensilaje premarchitado, los cambios producidos en el pH debido a la adición de melaza son menores, excepto en el Nacedero. Sin embargo, en esta especie los niveles alcanzados con melaza siguen siendo deficientes para garantizar la conservación del material. Staples *et al.* (1985) observaron también la reducción del pH en ensilaje de Alfalfa premarchitado (5,0) comparándolo con el premarchitado con melaza (4,4).

Con la melaza puede apreciarse que el pH tiende a aumentar en el material premarchitado, con la excepción del Jocote. Sin embargo, este incremento está por debajo del encontrado para el material premarchitado sin melaza. Los valores

de pH en los ensilajes con melaza sin marchitar y premarchitado, son aceptables para conservarlos como ensilaje, para casi todas las especies, excepto Nacedero y Jocote.

#### 4.1.6. Acido acético (% de la materia seca)

##### 4.1.6.1. Efecto del premarchitado

En general el premarchitado disminuyó más el nivel de ácido acético que la adición de melaza, con la excepción del Guácimo que incrementó su nivel (Cuadro 17). Este efecto fue debido probablemente a la pérdida de humedad que permitió reducir la actividad enzimática y proteolítica. En los ensilajes con melaza, el Guácimo fue el único que presentó un ligero incremento con este tipo de material. La mayor producción de acético se observó en los ensilajes sin marchitar y sin melaza, posiblemente debido a una deficiente fermentación y metabolización de los aminoácidos y carbohidratos. Sin embargo debe considerarse que este ácido en materiales sin marchitar es indispensable, ya que garantiza la reducción del pH y permite posteriormente el control microbiológico para alcanzar la estabilidad. En los ensilajes sin marchitar, a medida que es mayor el contenido de acético (Chicasquil, Sauco, Tora Blanca y Nacedero), más drástica es la reducción de este ácido al premarchitar.

Miller *et al.* (1967), Carpintero *et al.* (1969), Henderson *et al.* (1972), De la Fuente (1990), Umaña *et al.* (1991) y Luis *et al.* (1992), también encontraron menor contenido de acético en los ensilajes marchitados de pasto Bermuda, Alfalfa, Ryegrass perenne, Madero Negro, Bermuda y *P.purpureum*, respectivamente. La fermentación de tipo acética, común en los pastos tropicales, ha sido explicada por la presencia de tres tipos de microorganismos: bacterias heterofermentativas, levaduras y bacterias gram negativas (Catchpoole y Williams, 1969; Aguilera, 1975; Ruiz *et al.*, 1987; Luis y Ramírez, 1985).

El contenido de acético encontrado en los ensilajes sin marchitar de Chicasquil, Sauco, Tora Blanca y Nacedero es superior al 6%, límite máximo considerado deficiente por Ojeda *et al.* (1991). Esta elevada producción de acético puede deberse a la fermentación de los carbohidratos por bacterias heterolácticas. Además, como se señaló anteriormente, el Nacedero presentó también una elevada proteólisis, seguida de una fermentación no convencional (putrefacción), tanto sin marchitar como premarchitado, probablemente debido al tipo de bacterias

que actuaron en esta especie.

**Cuadro 17.** Nivel de ácido acético (%) en ensilajes de especies leñosas por efecto del premarchitado y la adición de melaza.

Especie	----- Marchitado -----				----- Promedios <sup>2</sup> -----			
	No		Si		Melaza		Marchitado	
	0% <sup>1</sup>	5%	0%	5%	0%	5%	No	Si
Chicasquil	6,19	8,22	2,84	1,13	4,52 <sup>a</sup>	4,68 <sup>a</sup>	7,21 <sup>a</sup>	1,99 <sup>b</sup>
Morera	2,52	2,19	0,02	0,03	1,27 <sup>a</sup>	1,11 <sup>a</sup>	2,36 <sup>a</sup>	0,03 <sup>b</sup>
Sauco	8,27	6,40	2,41	0,53	5,34 <sup>a</sup>	3,47 <sup>a</sup>	7,34 <sup>a</sup>	1,47 <sup>b</sup>
Jocote	0,70	0,93	0,20	0,06	0,45 <sup>a</sup>	0,50 <sup>a</sup>	0,82 <sup>a</sup>	0,13 <sup>b</sup>
Tora blanca	16,70	4,31	8,11	7,58	12,41 <sup>a</sup>	5,95 <sup>b</sup>	10,51 <sup>a</sup>	7,85 <sup>b</sup>
Guácimo	1,04	0,38	1,66	0,70	1,35 <sup>a</sup>	0,54 <sup>b</sup>	0,71 <sup>a</sup>	1,18 <sup>a</sup>
Amapola	3,94	0,98	3,29	5,70	3,62 <sup>a</sup>	3,34 <sup>a</sup>	2,46 <sup>b</sup>	4,50 <sup>a</sup>
Nacedero	13,01	8,11	1,83	1,09	7,42 <sup>a</sup>	4,60 <sup>a</sup>	10,56 <sup>a</sup>	1,46 <sup>b</sup>
Promedio	6,55	3,94	2,55	2,10	4,55	3,02	5,25	2,33

1/ Nivel de melaza. 2/ Valores con igual letra horizontal no difieren significativamente ( $p < 0.05$ ).

#### 4.1.6.2. Efecto del aditivo

Aunque en términos generales la adición de melaza disminuyó el nivel de ácido acético, se presentaron tendencias diferentes entre los distintos materiales relacionados con el premarchitamiento, siendo mayor el efecto del aditivo en los materiales sin premarchitar. Sólo en la Amapola se presenta un incremento considerable de acético al adicionar melaza en el material premarchitado.

En los materiales sin premarchitar se destacan el Chicasquil, el Sauco y el Nacedero, que mantuvieron un nivel de acético superior al 6% a pesar de la adición de melaza. Por su parte, en los ensilajes premarchitados resaltan la Tora blanca y la Amapola por el poco efecto del aditivo sobre el nivel de este ácido. El Chicasquil y el Jocote fueron los únicos que incrementaron el acético con la adición de melaza, relacionado probablemente a su menor contenido de MS, que pudo favorecer una descomposición inadecuada de los constituyentes. La Amapola premarchitada mostró un incremento hasta un nivel casi inaceptable de acético (6% máximo) al agregar el aditivo, lo que puede estar relacionado al deterioro del componente proteico de este forraje con el premarchitado. De la Fuente (1990) también encontró más acético en ensilaje de *G. sepium* marchitado con 6% de melaza, que en el marchitado sin aditivo.

Las tendencias observadas coinciden con lo encontrado en ensilaje de Alfalfa (Lanigan, 1961), de pasto Elefante (López, 1989) y en *Andropogon gayanus* (Ojeda *et al.*, 1990b). Sin embargo, autores como Luis y Ramírez (1989b) y Aguilera *et al.* (1992) indican una menor concentración de acético en ensilaje con niveles bajos de melaza (4%) que con niveles altos (8%). Carpintero *et al.* (1969) también indicaron niveles mayores de acético con melaza (2,0%) que sin el aditivo (1,7%) en ensilaje de Alfalfa. De igual forma, Ojeda *et al.* (1990a) encontraron un mayor contenido de acético en una mezcla de pasto Guinea-Dolichos con melaza (0,8%) que en la mezcla sola (0,5%). Por el contrario, estos mismos autores encontraron un menor contenido de acético en la mezcla de pasto Bermuda-Dolichos y *P.purpureum*-Dolichos con melaza (0,4% y 1,6%, respectivamente) que en la mezcla sola en cada caso (0,6% y 3,9%).

Los ANDEVA para el ácido acético (Cuadro 6A, Anexo 2) mostraron un efecto altamente significativo ( $p < 0,01$ ) de la interacción entre el marchitamiento y el aditivo en los ensilajes de Jocote, Tora Blanca y Amapola. En los dos últimos, el nivel de acético por efecto del premarchitado disminuyó en los ensilajes sin melaza y se incrementó cuando se adicionó este aditivo. Se encontraron diferencias altamente significativas por efecto del marchitamiento en la Morera, el Nacedero y el Sauco; y diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) por efecto del aditivo en Guácimo y Sauco.

#### 4.1.7. Acido butírico (% de la materia seca)

##### 4.1.7.1. Efecto del premarchitado

Sólo la Tora blanca y el Nacedero, mostraron niveles altos de ácido butírico (Cuadro 18) y no se observó su presencia en ninguno de los ensilajes premarchitados, con la excepción del Nacedero. El nivel de butírico en este último, sin melaza y sin premarchitar, es inaceptable según Ojeda *et al.* (1991).

Las mayores concentraciones de este ácido se presentan en los ensilajes sin marchitar. Resultados similares indicaron Miller *et al.* (1967), Carpintero *et al.* (1969), Henderson *et al.* (1972) y Luis *et al.* (1992), quienes encontraron mayor concentración de butírico en ensilaje sin marchitar, al compararlo con el premarchitado, en pasto Bermuda, Alfalfa, pasto Ryegrass y *P.purpureum*, respectivamente.

**Cuadro 18.** Contenido de ácido butírico en ensilajes de follaje de leñosas forrajeras por efecto del premarchitado y la adición de melaza.

Especie	----- Marchitado -----				----- Promedios <sup>2</sup> -----			
	No		Si		Melaza		Marchitado	
	0% <sup>1</sup>	5%	0%	5%	0%	5%	No	Si
Chicasquil <sup>4</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>
Morera	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,01 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>
Sauco	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>
Jocote	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>
Tora blanca	0,65	0,00	0,00	0,00	0,33 <sup>a</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,33 <sup>a</sup>	0,00 <sup>b</sup>
Guácimo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>
Amapola	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01 <sup>a</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,01 <sup>a</sup>	0,00 <sup>b</sup>
Nacadero	5,83	1,95	0,19	0,08	3,01 <sup>a</sup>	1,02 <sup>b</sup>	3,89 <sup>a</sup>	0,14 <sup>b</sup>
Promedio	0,81	0,24	0,02	0,01	0,42	0,13	0,53	0,02

1/ Nivel de melaza. 2/ Valores con igual letra horizontal no difieren significativamente ( $p < 0,05$ ).

Autores como Aguilera (1975, 1979, 1980), Ojeda *et al.* (1980), Luis y Ramírez (1985, 1986) indican que la presencia del ácido butírico es un aspecto que debe considerarse en los ensilajes de pastos tropicales, debido a que es común que aparezca con el cambio de patrón fermentativo entre los 10 y 20 días después de iniciada la conservación, y una vez establecido es difícil su reducción.

#### 4.1.7.2. Efecto del aditivo

En general, la melaza evita la presencia del butírico, lo cual queda demostrado debido a que sólo en el Nacadero se presentó este ácido con el aditivo, y en una concentración aceptable según Ojeda *et al.* (1991).

En los ensilajes sin melaza y sin marchitar solo cuatro especies presentaron algún nivel de ácido butírico. Las mayores concentraciones de este ácido se observaron en el Nacadero y la Tora blanca, siendo inaceptables en este último caso de acuerdo con Ojeda *et al.*, (1991). Con la melaza, el contenido de butírico en Nacadero se reduce considerablemente tanto sin marchitar (nivel malo de 1,95%) como en premarchitado (nivel aceptable de 0,08%).

Lanigan (1961), Aguilera (1979) y López (1989) también encontraron que en los ensilajes de Alfalfa, pasto Pangola y Elefante Enano, la adición de melaza reduce la producción de butírico; mientras que Luis y Ramírez (1989b) no encontraron del todo butírico en ensilaje de *Chloris gayana* con 4 y 8% de melaza,

pero sí en el tratamiento control. Ojeda *et al.* (1990a) también indicaron una mayor concentración del ácido en mezclas de pasto Guinea-Dolichos y *P.purpureum*-Dolichos sin melaza, que con el aditivo.

#### 4.1.8. Acido láctico (% de la materia seca)

##### 4.1.8.1. Efecto del premarchitado

De acuerdo con los resultados, en promedio tanto el premarchitado como la adición de melaza ejercieron un efecto positivo sobre la producción de ácido láctico. Sin embargo con el premarchitado, independientemente de la adición de melaza, cinco materiales disminuyeron el nivel de este ácido (Cuadro 19).

**Cuadro 19.** Contenido de ácido láctico en ensilajes de leñosas forrajeras por efecto del premarchitado y la adición de melaza.

Especie	----- Marchitado -----				----- Promedios <sup>2</sup> -----			
	No		Si		Melaza		Marchitado	
	0% <sup>1</sup>	5%	0%	5%	0%	5%	No	Si
Chicasquil <sup>2</sup>	6,34	1,92	0,73	1,36	3,54 <sup>a</sup>	1,64 <sup>b</sup>	4,13 <sup>a</sup>	1,05 <sup>b</sup>
Morera	1,48	2,35	0,25	0,70	0,87 <sup>b</sup>	1,53 <sup>a</sup>	1,92 <sup>a</sup>	0,48 <sup>b</sup>
Sauco	1,71	3,66	0,72	0,82	1,22 <sup>b</sup>	2,24 <sup>a</sup>	2,67 <sup>a</sup>	0,77 <sup>b</sup>
Jocote	1,62	0,85	0,35	0,22	0,99 <sup>a</sup>	0,54 <sup>b</sup>	1,24 <sup>a</sup>	0,29 <sup>b</sup>
Tora blanca	3,11	17,40	6,31	28,03	4,71 <sup>b</sup>	22,72 <sup>a</sup>	10,26 <sup>b</sup>	17,17 <sup>a</sup>
Guácimo	0,00	1,33	7,56	16,10	3,78 <sup>a</sup>	8,72 <sup>a</sup>	0,67 <sup>b</sup>	11,83 <sup>a</sup>
Amapola	0,00	5,33	7,44	26,25	3,72 <sup>b</sup>	15,79 <sup>a</sup>	2,67 <sup>b</sup>	16,85 <sup>a</sup>
Nacadero	0,00	0,53	0,03	0,18	0,02 <sup>b</sup>	0,36 <sup>a</sup>	0,27 <sup>a</sup>	0,11 <sup>b</sup>
Promedio	1,78	4,17	2,92	9,21	2,36	6,69	2,98	6,07

1/ Nivel de melaza. 4/ Valores con igual letra horizontal no difieren significativamente ( $p < 0,05$ ).

En los tratamientos sin aditivo, puede observarse que aquellas especies con un contenido menor de MS antes de ensilar (Chicasquil, Morera, Sauco y Jocote), presentan menor concentración de láctico al premarchitarlos, que los forrajes con un contenido mayor de MS (Tora Blanca, Guácimo y Amapola). El Nacadero no presentó láctico.

Lo anterior puede estar relacionado con lo indicado por Muck (1988), quien afirma que la cantidad de bacterias ácido lácticas en el forraje puede incrementarse durante el premarchitado, cuando las condiciones del medio ambiente promueven su crecimiento, lo cual depende también de la intensidad y tiempo del secado.

Autores como Carpintero *et al.* (1969) encontraron mayor contenido de láctico con forraje premarchitado de Alfalfa (1,1%) que sin marchitar (0,8%). Mientras que Henderson *et al.* (1972) indicaron lo contrario, utilizando ensilaje de pasto Ryegrass sin marchitar (3,4%) y premarchitado (7,1%).

Thomas (1978) y Umaña *et al.* (1991), indican que una fermentación indeseable puede prevenirse al incrementar con el premarchitado el contenido de MS por encima del 30%, formando ácido láctico en cantidades considerables. Afirman además, que los clostridios se inhiben en mayor medida cuando se reduce la humedad, que por efecto de la acidez provocada por la formación del láctico, lo que hace que el premarchitado se convierta en una práctica conveniente para alcanzar una adecuada fermentación.

#### 4.1.8.2. Efecto del aditivo

En el Cuadro 19 puede observarse que, en promedio, la concentración de láctico se incrementa con la adición de melaza, sobre todo en el material premarchitado. Umaña *et al.* (1991) también encontraron que la melaza produce una mayor cantidad de láctico en ensilajes de pasto Bermuda premarchitados que en aquellos sin marchitar.

Para el caso de los ensilajes sin marchitar, puede observarse que excepto en los dos con menor contenido de MS inicial (Chicasquil y Jocote), el aditivo incrementa los contenidos de ácido láctico. Resultados similares informaron Lanigan (1961) y Carpintero *et al.* (1969) con Alfalfa, López (1989) con pasto Elefante Enano, y Aguilera *et al.* (1992) con pasto Elefante. Sin embargo, con niveles bajos de aplicación de melaza (1 y 2%), Domínguez y Hardy (1988) no encontraron diferencias en el contenido de láctico.

En los ensilajes premarchitados, la adición de melaza incrementa considerablemente el contenido de láctico en tres de los forrajes con mayor contenido de MS inicial (Tora Blanca, Guácimo y Amapola). El Jocote presenta de nuevo un ligero descenso al agregar melaza, debido probablemente al efecto que produce el aditivo en las bacterias ácido lácticas o a la baja acidez observada en este material.

Las mayores cantidades de láctico encontradas con la adición de melaza, también coincide con lo señalado por Thomas (1978) y Umaña *et al.* (1991),

quienes indican que este aditivo estimula la formación de ácido láctico y la reducción del pH, cuando se comparan con los mismos ensilajes sin el aditivo.

En el presente trabajo las mayores concentraciones del ácido se observaron con el material premarchitado de Tora Blanca (28,0%) y Amapola (26,3%) con melaza. En el Nacedero y el Jocote se presentaron los niveles más bajos de láctico. En el primer caso debido probablemente a un aumento en la capacidad amortiguadora; y en el segundo, a una reducción de la actividad de las bacterias ácidos lácticas por la excesiva acidez.

Los ANDEVA para el contenido de ácido láctico (Cuadro 8A, Anexo 2) mostraron un efecto significativo ( $p < 0,01$ ) para la interacción entre el premarchitamiento y el aditivo en Chicasquil, Tora Blanca, Amapola, Nacedero, Sauco y Jocote. Sin embargo esta interacción es diferente en los materiales, mientras que en el Chicasquil y el Jocote existe un efecto detrimental más fuerte del premarchitado en los ensilajes sin melaza con respecto a los que tienen este aditivo; en el Sauco y el Nacedero el efecto es a la inversa, el premarchitado provoca una mayor disminución en el material con melaza. Aunque en la Amapola y la Tora blanca el premarchitado incrementa el nivel de láctico en los ensilajes con y sin melaza, este efecto es más relevante en los materiales con el aditivo.

Se presentaron diferencias altamente significativas ( $p < 0,05$ ) por efecto del premarchitado y el aditivo en Morera; y diferencias significativas por efecto del premarchitado en el Guácimo.

#### **4.1.9 Indicadores organolépticos**

##### **4.1.9.1. Efecto del premarchitado**

En promedio el premarchitado mejoró la calidad organoléptica de los ensilajes, con la excepción del Chicasquil, el Sauco y el Jocote, que son los materiales de menor contenido de materia seca antes de ensilarse (Cuadro 20). Posiblemente el mayor contenido de agua no favorece una óptima fermentación, con los consecuentes efectos en el proceso de conservación.

Las mejores calificaciones se encontraron en los ensilajes premarchitados y sin melaza en todas las especies. Puede observarse un mejoramiento considerable en los materiales premarchitados con respecto a los forrajes sin marchitar, en aquellas especies que antes de ensilar poseían un contenido de MS mayor (Morera,

Tora Blanca, Guácimo y Amapola). Es evidente que tanto el forraje de Amapola sin marchitar como el Nacedero, bajo cualquier tratamiento, no muestran una calidad adecuada al ensilarlos.

**Cuadro 20.** Calificación de los indicadores organolépticos en ensilajes de leñosas forrajeras por efecto del premarchitado y la adición de melaza.

Especie	----- Marchitado -----				----- Promedios <sup>2</sup> -----			
	No		Si		Melaza		Marchitado	
	0% <sup>1</sup>	5%	0%	5%	0%	5%	No	Si
Chicasquil <sup>4</sup>	97,3	94,7	94,7	92,0	96,0 <sup>a</sup>	93,4 <sup>a</sup>	96,0 <sup>a</sup>	93,4 <sup>a</sup>
Morera	82,0	100,0	92,0	92,0	87,0 <sup>b</sup>	96,0 <sup>a</sup>	91,0 <sup>b</sup>	92,0 <sup>a</sup>
Sauco	100,0	94,0	92,0	84,0	96,0 <sup>a</sup>	89,0 <sup>b</sup>	97,0 <sup>a</sup>	88,0 <sup>b</sup>
Jocote	100,0	100,0	92,0	84,0	96,0 <sup>a</sup>	92,0 <sup>b</sup>	100,0 <sup>a</sup>	88,0 <sup>b</sup>
Tora blanca	76,7	92,0	100,0	92,0	88,4 <sup>b</sup>	92,0 <sup>a</sup>	84,4 <sup>b</sup>	96,0 <sup>a</sup>
Guácimo	76,7	87,7	100,0	94,7	88,4 <sup>a</sup>	91,2 <sup>a</sup>	82,2 <sup>b</sup>	97,4 <sup>a</sup>
Amapola	45,0	47,7	100,0	92,0	72,5 <sup>a</sup>	69,9 <sup>a</sup>	46,4 <sup>b</sup>	96,0 <sup>a</sup>
Nacedero	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0 <sup>a</sup>	48,0 <sup>a</sup>	48,0 <sup>a</sup>	48,0 <sup>a</sup>
Promedio	78,2	83,0	89,8	84,8	84,0	83,9	80,6	87,4

1/ Nivel de melaza. 2/ Valores con igual letra horizontal no difieren significativamente ( $p < 0.05$ ).

Sin embargo, es importante resaltar el mejoramiento de la Amapola al premarchitarla, debido probablemente a una reducción en la capacidad amortiguadora (Playne y McDonald, 1966); sin embargo, debe recordarse que el nivel proteico de esta especie se altera considerablemente con esta práctica. El Nacedero también mostró resultados deficientes al evaluar sus indicadores organolépticos al premarchitarse.

#### 4.1.9.2 Efecto del aditivo

En promedio no parece que la melaza afecte de manera considerable los indicadores (Cuadro 20), Sin embargo entre las especies pueden observarse tendencias diferentes, ya que mientras que en el Chicasquil, Sauco, Jocote y Amapola la calificación disminuye, en el resto de las especies aumenta. Con la excepción del Chicasquil y el Sauco, en los materiales sin marchitar la tendencia promedio muestra que al adicionar melaza, son mayores los indicadores organolépticos que con el premarchitado. Esta tendencia puede observarse mejor en la interacción entre el premarchitado y el nivel de melaza.

La Amapola y el Nacedero mostraron las menores calificaciones con ambos niveles de aditivo en el material sin marchitar, Esto puede deberse a un aumento en la capacidad amortiguadora producto de la degradación proteica. La Morera, Tora Blanca y Guácimo presentan mejores resultados al adicionar melaza, debido al mejoramiento total en las características fermentativas del ensilaje por el aditivo; mientras que en el Chicasquil y el Sauco sucede lo contrario debido posiblemente, como ya se señaló, a su mayor contenido de humedad.

Aunque la adición de la melaza no produce cambios importantes en los indicadores, es importante considerar que la Amapola premarchitada tiende a afectarse al agregar el aditivo, comparada con el ensilaje sin melaza; mientras que la Morera y la Tora Blanca se favorecen considerablemente con la melaza. Los ANDEVA para los indicadores organolépticos (Cuadro 9A, Anexo 2) mostraron diferencias altamente significativas ( $p < 0,01$ ) para la interacción entre el premarchitado y el nivel de aditivo en la Tora Blanca y la Amapola. En ambos casos el premarchitado ejerció un mayor efecto en los materiales sin melaza que en aquellos con el aditivo. Se presentaron también diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) por efecto del premarchitado en el Sauco y Guácimo, y por efecto del aditivo en el Sauco.

## 4.2. Respuesta animal

### 4.2.1 Características bromatológicas de los forrajes

La caracterización bromatológica inicial de los ensilajes utilizados en las pruebas de respuesta animal se muestra en los Cuadros 21 y 22.

**Cuadro 21.** Contenido de materia seca (%) del follaje de leñosas forrajeras sin ensilar.

Especie	Período		
	1	2	3
Morera	2	28,8	35,9
Amapola	3	34,3	41,7
Jocote	2	22,3	22,5
Sauco	1	16,9	

**Cuadro 22.** Digestibilidad *in vitro* de la materia seca (%) y contenido de proteína cruda (%) del follaje de leñosas forrajeras sin ensilar.

Períodos	DIVMS			PC		
	1	2	3	1	2	3
Morera	74,0	74,4	75,0	20,0	17,3	15,6
Amapola	59,5	58,0	65,2	16,5	15,9	17,4
Jocote	62,9	62,9	58,1	15,4	15,4	13,9
Sauco	67,3			19,7		

Se trató de buscar la mayor homogeneidad posible en cuanto a edad y tipo de material a ensilar en cada uno de los forrajes empleados, pero por el volumen requerido para esta prueba no fue posible lograrlo en su totalidad. Esta situación se refleja en la variación de los valores de MS, DIVMS y PC dentro de una misma especie, especialmente durante el tercer período. Además, el material se obtuvo de distintas plantaciones forrajeras, y para el caso de la Amapola y el Sauco, de dos sitios (Puriscal y Turrialba). Las variaciones en la edad del rebrote utilizado para ensilar osciló entre los 75 y 120 días para todas las especies.

El contenido de MS es mayor en la Amapola por haberse premarchitado, y también superior al indicado por Araya *et al.* (1994) para esta especie (16,5%), quien utilizó hojas apicales. López (1993) también informó para esta especie un menor valor en el contenido de MS (22,0%), proveniente de hojas y tallo tierno.

Araya *et al.* (1994) indican un contenido similar de MS para el Jocote (23,7%) y la Morera (28,7%), y ligeramente superior para el Sauco (18,0%), aunque también con muestras de hojas apicales.

La mejor DIVMS se encontró en la Morera, siendo ligeramente inferior a la indicada por Araya *et al.* (1994), de 79,9%. Estos autores indicaron menor DIVMS para el resto de las especies: Amapola, 54,5%; Jocote, 56,6%; y Sauco, 64,6%.

El mayor contenido de PC se observó en el Sauco y la Morera, siendo en este último follaje inferior al indicado por Rojas y Benavides (1994), de 19,1%. También son inferiores los valores de PC encontrados en la Amapola, Jocote y Sauco, con respecto a los indicados por Araya *et al.* (1994) (22,4, 16,5 y 28,5%, respectivamente).

Los Cuadros 23 y 24 muestran la caracterización bromatológica de los forrajes utilizados en cada período experimental después del proceso de ensilaje. En casi todos los forrajes se redujo el contenido de MS al ensilar, lo cual es normal debido a las transformaciones que sufren los componentes de la misma durante la fermentación (Gordon *et al.*, 1961). El Sauco muestra un ligero incremento, debido probablemente a errores del muestreo practicado durante el período de adaptación inicial, donde fue eliminado este material. Vallejo y Esquivel (1993) indican contenidos de MS semejantes para los ensilajes de Amapola (31,5%) y Jocote (21,8%), y ligeramente superiores para la Morera (31,0%).

Comparada con los forrajes originales, la DIVMS se redujo en todas las especies con el ensilado, excepto durante el último período, probablemente debido a errores de muestreo. En los ensilajes se incrementó la DIVMS de la Amapola, Jocote y Morera durante el tercer período con respecto a los valores de los períodos anteriores, ya que fueron utilizados rebrotes de menor edad. Los valores de DIVMS de todas las especies son superiores a los ensilajes hechos por Vallejo y Esquivel (1993): Amapola, 42,5%; Jocote, 51,0%; y Morera, 62,9%. Sin embargo, debe considerarse que la calidad nutritiva indicada por estos autores fue afectada por el proceso de secado de las muestras, el cual se realizó en horno a 65°C y alteró la calidad por la pérdida de productos volátiles producidos durante la fermentación.

**Cuadro 23.** Contenido de materia seca (%) de ensilajes de leñosas forrajeras utilizados en pruebas de consumo con cabras estabuladas.

Especie	Período		
	1	2	3
Morera	22,1	28,7	34,3
Amapola	28,9	30,9	35,7
Jocote	20,6	22,0	19,8
Sauco	17,6		

**Cuadro 24.** Digestibilidad *in vitro* de la materia seca (%) y contenido de proteína cruda (%) de ensilajes de leñosas forrajeras.

Períodos	DIVMS			PC		
	1	2	3	1	2	3
Morera	60,5	61,6	76,9	17,9	17,0	16,7
Amapola	51,1	55,5	68,5	16,3	16,0	16,9
Jocote	49,3	58,0	74,2	17,0	17,5	15,9
Sauco	54,9			17,8		

Se produjo un aumento del contenido de PC durante el proceso de ensilaje en la Amapola y el Jocote, con respecto a los forrajes originales antes de ensilar. Esto ocurre por un efecto de dilución (Pezo *et al.*, 1990), que incrementa la PC debido a la reducción del contenido de MS por la fermentación de los carbohidratos solubles. En la Amapola el premarchitado contribuye a la reducción de la proteólisis (Kemble y MacPherson, 1954; Muck, 1987); y en el Jocote se reduce la proteólisis por la excesiva acidez del ensilaje, lo cual permite controlar los clostridios causantes de esta degradación. Vallejo y Esquivel (1993) indicaron valores de PC inferiores en ensilajes de Amapola (7,7%) y Morera (10,7%), y superiores en el Jocote (20,3%).

Con respecto al pH, en todas las especies y períodos, los valores encontrados estuvieron fuera del rango óptimo (3,5 a 4,2) indicados por Wieringa (1966) y Ojeda *et al.* (1991) para alcanzar una adecuada preservación. Puede observarse que el pH es mayor en la Amapola debido a que el premarchitado incrementa el contenido de MS, lo cual coincide con lo indicado por Miller *et al.* (1967), McDonald, *et al.* (1968), Alder *et al.* (1969); Henderson *et al.* (1972), Thomas (1978), McDonald (1981), Muck (1988) y Luis *et al.* (1992).

### 3.2.2 Indicadores fermentativos de los ensilajes

El Cuadro 25 resume los indicadores fermentativos de calidad más importantes en los ensilajes utilizados en el experimento.

Los datos presentados no deben interpretarse como que el ensilaje de Amapola sea deficiente, ya que la fermentación tiene menor importancia en la calidad final del ensilaje con altos contenidos de MS (Wieringa, 1957, 1969; Leibensperger y Pitt, 1987; Muck, 1987; 1988). El Jocote, por el contrario, posee un pH excesivamente ácido que afectó directamente el consumo, como será visto más adelante.

**Cuadro 25.** Indicadores fermentativos de los ensilajes de árboles y arbustos.

Variable	Período	----- Especies -----			
		Amapola	Jocote	Morera	Sauco
pH	1	5,00	2,90	5,40	4,80
	2	5,00	3,10	4,60	
	3	5,00	2,80	5,10	
% NH <sub>3</sub> -NT	1	0,96	1,00	2,27	5,14
	2	0,81	1,28	1,56	
	3	0,16	0,91	1,26	
% Acido acético	1	1,49	1,11	5,71	4,20
	2	1,25	1,57	1,97	
	3	0,16	1,10	0,85	
% Acido butírico	1	0,24	0,03	6,84	0,04
	2	0,24	0,01	0,56	
	3	0,02	0,00	0,32	
% Acido láctico	1	4,64	0,71	5,14	6,25
	2	4,26	1,84	9,00	
	3	1,38	0,63	6,22	

En cuanto al nitrógeno amoniacal, puede observarse que en todas las especies y períodos los contenidos se encuentran dentro del rango considerado por Ojeda *et al.* (1991) como óptimo para valorar la calidad de un ensilaje (<7%). La Amapola presenta menores contenidos de este producto debido al premarchitado, coincidiendo con lo indicado por Papadopoulos y McKersie (1983), quienes afirman que los ensilajes con material premarchitado generalmente presentan contenidos de NH<sub>3</sub> menores que los ensilajes sin marchitar.

El ácido acético se encuentra en la mayor parte de las especies y períodos por debajo del límite máximo aceptable (6%) indicado por Ojeda *et al.* (1991). Sin embargo, la Morera presenta en el primer período un nivel cercano a este límite, y el Sauco lo supera, reflejo de una abundante metabolización de los carbohidratos producto del bajo contenido de MS. Esto, en presencia de un pH alto, facilita la actividad enzimática y microbial que produce este ácido (Whittenburry *et al.*, 1967; McDonald, 1976). Al igual que en los microsilos, puede apreciarse una menor concentración de acético en la Amapola premarchitada que en los otros forrajes ensilados sin marchitar.

En ensilajes de buena calidad es recomendable que el ácido butírico no se presente o que solo existan trazas por debajo del 0,1% (Ojeda *et al.*, 1991). Puede observarse que tanto la Amapola, durante los dos primeros períodos, como la Morera, en todos los períodos, superan este límite. Con la excepción de la Morera durante el primer período, los otros follajes presentan valores por debajo del límite considerado inaceptable por estos autores (2%).

Es importante resaltar que, aún cuando el Sauco poseía un menor contenido de MS al ensilarse, no se observó un nivel problemático del ácido butírico. Esto se contradice con lo indicado por Luis y Ramírez (1988a) y Aguilera *et al.* (1992), quienes afirman que el bajo contenido de MS favorece la proliferación de clostridios productores de este ácido y  $\text{NH}_3$ . El Jocote presentó el menor contenido de butírico debido a su excesiva acidez, lo cual inhibe la presencia de los clostridios que lo producen. La Morera y el Sauco fueron los ensilajes con el mayor contenido de ácido láctico.

La Morera empleada en el primer período tenía menor contenido de MS, lo cual posiblemente provocó una fermentación inadecuada comparada con la ocurrida en los períodos posteriores. Esto concuerda con los mayores niveles de pH y ácido butírico; y con niveles de  $\text{NH}_3/\text{NT}$  y acético en el límite permisible según Ojeda *et al.* (1991); y con una menor producción de láctico. La abundancia de estos productos está relacionada con una considerable proteólisis enzimática provocada por bacterias clostrídicas, responsables de formar estos compuestos en condiciones de pH elevados (Kemble, 1956; Papadopoulos y McKersie, 1983; Vilela *et al.*, 1983; Olave y Castellar, 1987; Luis y Ramírez, 1989b; Aguilera *et al.*, 1992; Ojeda y Díaz, 1992).

Estos resultados del primer período con la Morera pueden relacionarse con las lluvias ocurridas durante el picado y llenado de cierta cantidad de bolsas, incrementando la humedad del material y afectando la fermentación.

La mala calidad del ensilaje del Sauco no se debe a una fermentación tipo butírica, ya que la proporción encontrada se encuentra por debajo del límite (0,1%) señalado por Ojeda *et al.* (1991); sino, al elevado contenido de acético y a un pH inadecuado para controlar la actividad de tipo enzimático y bacterial, discutido anteriormente.

#### 4.2.3 Indicadores organolépticos de los ensilajes

La Figura 1 muestra la calificación total en términos relativos obtenida de los indicadores organolépticos, durante los diferentes períodos del experimento. Con base en ellos, puede apreciarse que, con la excepción del Sauco, la calidad de los ensilajes es adecuada.

#### 4.2.4 Consumo

Los factores que más deprimen el consumo voluntario de los ensilados son el bajo contenido de MS, bajo pH y las altas concentraciones de NH<sub>3</sub> (Wernli, 1975). Jones *et al.* (1971) indican que la PC y la DIVMS también influyen en la regulación del consumo. Además, Murdoch (1965) y Ojeda (1988) enfatizan que el efecto del troceado en los ensilajes tropicales influye positivamente sobre el consumo, producto de una reducción del tamaño de las partículas.

El período inicial se extendió siete días más debido al proceso de adaptación al consumo de ensilaje como dieta única. Durante este período el ensilaje de Sauco Amarillo fue eliminado por su bajo consumo de MS (0,23% PV), por causa de su elevado contenido de ácido acético que ha sido señalado como depresor del consumo (Dowden y Jacobson, 1960; Hutchinson y Wilkins, 1971; Wilkins *et al.*, 1971; Umaña *et al.*, 1991).

Con esta especie se observó también que en menos de una hora después de abrirse el silo, su color cambiaba de verde oscuro a café o marrón, desprendiendo un olor desagradable. Esto refleja un proceso de deterioro aeróbica, al ponerse en contacto con el ambiente. Después de eliminado el Sauco, se reestructuró el diseño experimental para proseguir con los demás ensilajes.

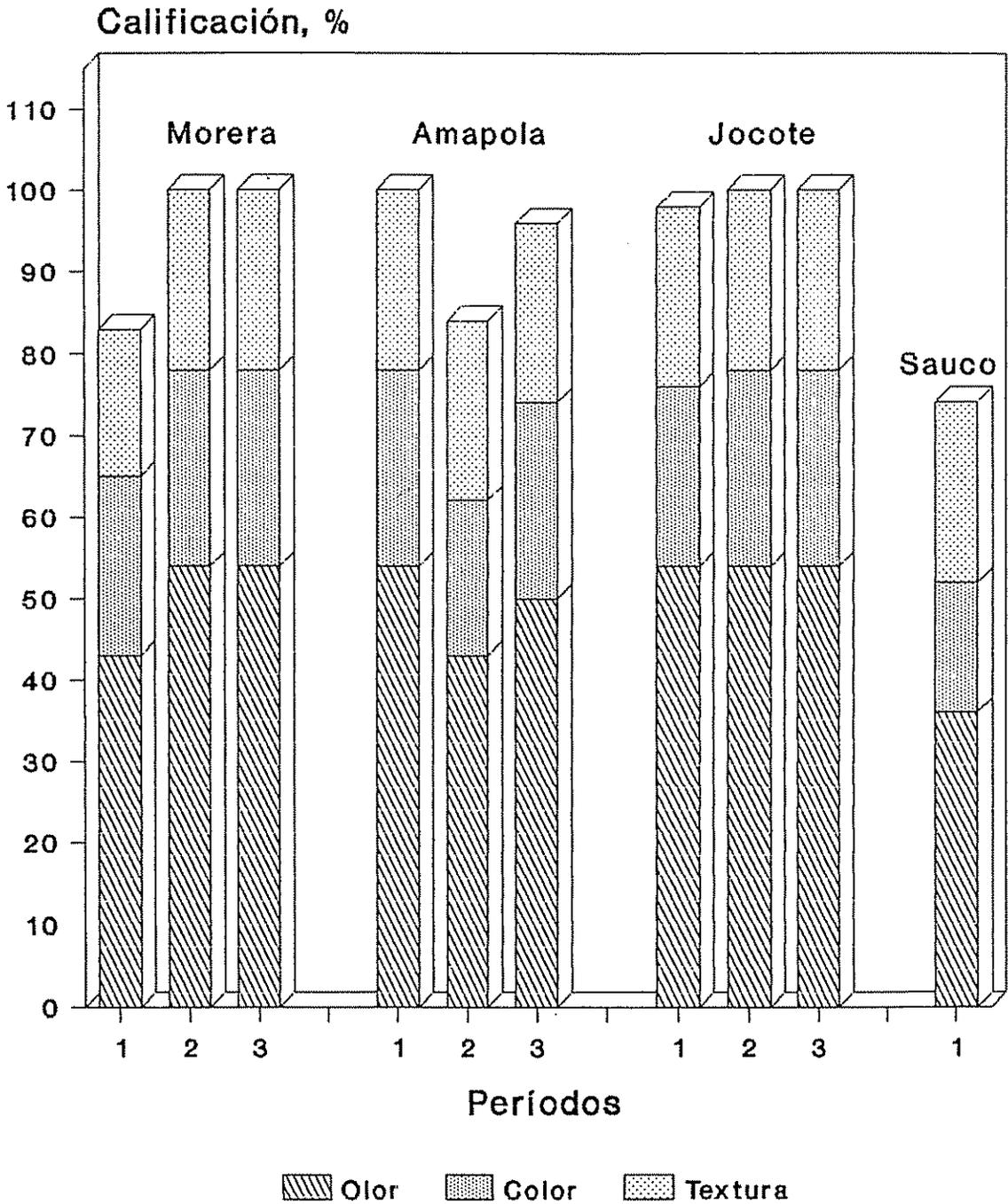


Figura 1. Calificación total de los ensilajes de leñosas forrajeras según los indicadores organolépticos.

El Cuadro 26 muestra las variables de consumo evaluadas en esta prueba. Puede observarse que el grupo de mediana producción presentó el mayor consumo en casi todas las variables estudiadas.

**Cuadro 26.** Consumo de materia seca y otros nutrimentos de ensilajes de árboles y arbustos forrajeros.

Grupo de cabras	Especie ensilada			Prom. grupo
	Morera	Amapola	Jocote	
<b>Materia seca, g</b>				
Alta producción	2452	2120	1327	1966
Mediana producción	2299	2216	1824	2113
Promedio <sup>1</sup>	2375 <sup>a</sup>	2168 <sup>a</sup>	1576 <sup>b</sup>	
<b>MS, % PV</b>				
Alta producción	5,02	4,23	2,68	3,98
Mediana producción	4,77	4,47	3,78	4,34
Promedio <sup>1</sup>	4,90 <sup>a</sup>	4,35 <sup>ab</sup>	3,23 <sup>b</sup>	
<b>kg MS/P<sup>0,75</sup></b>				
Alta producción	13,28	11,24	7,09	10,54
Mediana producción	12,55	11,86	9,96	11,46
Promedio <sup>1</sup>	12,92 <sup>a</sup>	11,55 <sup>ab</sup>	8,53 <sup>b</sup>	
<b>Materia seca digestible, g</b>				
Alta producción	1934	1305	835	1358
Mediana producción	1826	1372	1173	1457
Promedio <sup>1</sup>	1881 <sup>a</sup>	1338 <sup>b</sup>	1004 <sup>b</sup>	
<b>Proteína cruda, g</b>				
Alta producción	463	526	278	422
Mediana producción	444	553	367	455
Promedio <sup>1</sup>	454 <sup>b</sup>	540 <sup>a</sup>	323 <sup>c</sup>	
<b>Energía digestible, Mcal</b>				
Alta producción	8,53	5,75	3,68	5,99
Mediana producción	8,05	6,05	5,17	6,42
Promedio <sup>1</sup>	8,29 <sup>a</sup>	5,90 <sup>b</sup>	4,43 <sup>b</sup>	
<b>ED/MS, Mcal/kg</b>				
Alta producción	3,47	2,74	2,96	3,06
Mediana producción	3,57	2,73	2,86	3,05
Promedio <sup>1</sup>	3,52 <sup>a</sup>	2,74 <sup>b</sup>	2,91 <sup>b</sup>	

<sup>1</sup>/Valores con igual letra horizontal no difieren estadísticamente,  $p < 0,01$

Forbes *et al.* (1967) indican que el consumo voluntario de ensilajes por

rumiantes es un indicador que debe tomarse en cuenta debido a su alta variabilidad, que muchas veces lo hacen inadecuado como alimento. Little *et al.* (1991) afirman que el consumo individual de una vaca difiere considerablemente con respecto al consumo promedio en grupo, magnitud que puede llegar a tener importancia económica.

Por otro lado, Sinn (1983) afirma que la cabra no tiene un consumo tan aceptable del ensilaje al compararse con otros rumiantes domésticos. Sin embargo, en este experimento el consumo por cabras lecheras del ensilaje de Morera y Amapola fue elevado, lo cual refleja el potencial de este tipo de forrajes para ser ensilados. Los ANDEVA (Cuadro 10A) mostraron diferencias significativas ( $p < 0,01$ ) para el efecto de especie sobre el consumo de MSD, ED, ED/kg MS, PC, MS, MS/PV y  $MS/P^{0,75}$ .

Con el ensilaje de Morera se obtuvo el mayor consumo en casi todas las variables, excepto con la proteína. Esto coincide con la mayor calidad nutricional de esta especie antes de ensilarla, especialmente de DIVMS. Vallejo y Esquivel (1993) también encontraron un adecuado consumo al ofrecer ensilaje de Morera (2%) como dieta única a cabras en crecimiento.

Wilkins *et al.* (1971) señalan que el consumo voluntario de ensilados por ovinos está correlacionado positivamente con el contenido de MS y ácido láctico, y negativamente con la concentración de ácido acético y amonio. Lo anterior coincide con los resultados obtenidos, donde se observa un mejor consumo del ensilaje de Morera debido a su adecuado contenido de MS y ácido láctico, y contenidos de acético y amonio por debajo del valor crítico.

Velázquez *et al.* (1994) utilizando niveles crecientes de Morera en fresco (sin ensilar) hasta 1,5% MS/PV, como suplemento en dietas de novillos alimentados con una dieta basal de ensilaje de sorgo, encontraron que al aumentar el nivel de Morera se incrementó el consumo total y la ganancia de peso en los animales.

El consumo de MSD (kg/cabra/día) del ensilaje de Morera fue superior al encontrado en forraje fresco (sin ensilar) de esta especie por Rojas y Benavides (1994), utilizándola como suplemento de una dieta de pasto King-grass (3,4% de MS/PV).

El ensilaje de Amapola premarchitada fue el segundo mejor consumido, sin diferencias estadísticas con el de Morera en términos de MS y MS/%PV. Este consumo fue superior al encontrado por Vallejo y Esquivel (1993), quienes indican un bajo consumo con esta especie (1,15% MS/PV) por cabras en crecimiento, debido a que utilizaron para ensilar forraje con un alto contenido de tallo leñoso, lo cual afectó la calidad de la fermentación. Murdoch (1960), Murdoch (1964), Miller *et al.* (1967), Alder *et al.* (1969), Wernli (1975) y Glenn (1990), encontraron que el premarchitado permite mejorar el consumo de ensilajes de distintos pastos y leguminosas por los rumiantes.

López (1993) utilizó forraje fresco (sin ensilar) de Amapola como suplemento de pasto *P. purpureum* a cabras lecheras, hasta un nivel de 3,4% MS/PV, encontrando que conforme es mayor el nivel de esta especie en la dieta, se incrementa el consumo total.

El menor consumo se encontró con el ensilaje de Jocote, significativamente menor que el observado con los otros follajes. El bajo consumo de este ensilaje está relacionado con la excesiva acidez que presentó, y que puede causar trastornos metabólicos posteriores (Morris y Levitt, 1968; Wilson y Wilkins, 1973; Wernli, 1975). Orth y Kaufmann (1966) afirman que el consumo de ensilaje con alta acidez puede disminuir la capacidad buffer del contenido ruminal, reduciendo en consecuencia el pH y la tasa de digestión en el rumen, y con ello la velocidad de paso de la digesta a través del tubo digestivo.

Vallejo y Esquivel (1993) también encontraron un menor consumo del ensilaje de Jocote (0,82% MS/PV) utilizando cabras en crecimiento, debido a su excesiva acidez y probablemente al contenido de taninos del follaje según lo indicado por Morton (1981).

Sin embargo, Martínez (1990) encontró consumos de Jocote sin ensilar de 1,9% MS/PV en cabras, y Vallejo *et al.* (1994a) informan que esta especie en fresco (sin ensilar) fue la mejor consumida en una prueba de aceptación con cabras junto con Chicasquil Fino (*Cnidocolus aconitifolius*), Chicasquil Ancho (*C. chayamansa*) y Guácimo (*Guazuma ulmifolia*), como suplemento a una dieta basal de pasto *Brachiaria ruziziensis*.

#### 4.2.5 Selectividad

El Cuadro 27 muestra las variables de selección con base en lo consumido por las cabras, siendo los resultados promedio similares en ambos grupos de cabras. Se encontraron diferencias significativas para el efecto de la especie en DIVMS y PC consumidas del material (Cuadro 19A). Lo anterior coincide con la Morera, donde ocurrió mayor selección en cuanto a la DIVMS del material consumido, mientras que en proteína fue la Amapola la que presentó los mayores valores de selección.

**Cuadro 27.** Selectividad de lo consumido de ensilajes de árboles y arbustos forrajeros.

Grupo de cabras	Especie ensilada		
	Morera	Amapola	Jocote
<b>DIVMS ofrecida, %</b>	74,5	60,9	61,3
<b>DIVMS consumida, %</b>			
Alta producción	78,6	62,2	67,1
Mediana producción	81,0	62,0	64,8
Promedio <sup>1</sup>	79,8 <sup>a</sup>	62,1 <sup>b</sup>	66,0 <sup>b</sup>
<b>PC ofrecida, %</b>	17,6	16,6	14,9
<b>PC consumida, %</b>			
Alta producción	18,9	25,5	21,4
Mediana producción	20,2	25,1	20,3
Promedio <sup>1</sup>	19,5 <sup>b</sup>	25,3 <sup>a</sup>	20,9 <sup>b</sup>
<b>ED/kg MS - ED ofrecida</b>			
Alta producción	0,24	0,38	0,39
Mediana producción	0,35	0,37	0,28
Promedio <sup>1</sup>	0,29 <sup>a</sup>	0,38 <sup>a</sup>	0,34 <sup>a</sup>

1/ Valores con igual letra horizontal no difieren estadísticamente,  $p < 0,01$

El Cuadro 28 resume las variables de rechazo de mayor importancia. Los ANDEVA (Cuadro 11A) mostraron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre especies para MS y MSD; y diferencias también significativas entre períodos en el caso de la PC.

El mayor rechazo de la Amapola, se debe a una mayor selección ocurrida en este ensilaje por una considerable proporción de tallo presente, que provocó una mayor selección de lo ofrecido.

**Cuadro 28.** Variables de rechazo de ensilajes de árboles y arbustos forrajeros.

Grupo de cabras	Especie ensilada		
	Morera	Amapola	Jocote
<b>% RE MS/MS OF</b>			
Alta producción	32,8	53,1	40,9
Mediana producción	37,9	51,4	33,0
Promedio <sup>1</sup>	35,4 <sup>b</sup>	52,3 <sup>a</sup>	37,0 <sup>b</sup>
<b>% RE MSD/MSD OF</b>			
Alta producción	28,7	45,9	34,0
Mediana producción	32,7	44,1	26,4
Promedio <sup>1</sup>	30,6 <sup>b</sup>	45,0 <sup>a</sup>	30,2 <sup>b</sup>
<b>% RE PC/PC OF</b>			
Alta producción	26,9	28,3	26,7
Mediana producción	29,6	25,9	20,0
Promedio <sup>1</sup>	28,3 <sup>a</sup>	27,1 <sup>a</sup>	23,3 <sup>a</sup>

1/Valores con igual letra horizontal no difieren estadísticamente,  $p < 0,01$

#### 4.2.6 Producción de leche

El Cuadro 29 muestra las variables relacionadas con la producción de leche, siendo los resultados semejantes en ambos grupos de cabras. Los ANDEVA (Cuadro 12A) mostraron diferencias significativas ( $P < 0,07$ ) para la especie.

La mayor producción de leche se obtuvo con el ensilaje de Morera, lo cual coincide con su elevado valor nutritivo y mayor consumo. Sin embargo, no hubo diferencias estadísticas con el ensilaje de Amapola de acuerdo con la prueba de Duncan. El Jocote mostró la producción más baja, debido a la excesiva acidez que afectó su consumo.

Los ensilajes de pastos tropicales han sido criticados por su mala calidad nutritiva, lo cual afecta la producción de leche (Milera y Herrera, 1991). Comparativamente estos resultados reflejan la elevada calidad de los ensilajes con follaje de árboles y arbustos, especialmente de Morera y Amapola.

La producción de leche obtenida con ensilaje a libre consumo de Morera, fue similar a la encontrada por Rojas y Benavides (1994) con un nivel de suplementación con forraje fresco (sin ensilar) de esta especie equivalente al 1,0% MS/PV (1,84 kg de leche). También la producción de leche con ensilaje de Amapola fue similar a la indicada por López (1993), utilizando este follaje en fresco

(sin ensilar) como suplemento al pasto en niveles de 2,6% MS/PV en cabras al inicio de la lactancia (1,85 kg de leche).

**Cuadro 29.** Producción de leche de cabra y sus componentes según el tipo de ensilaje de leñosa forrajera consumida.

Grupo de cabras	Especie ensilada			Promedio grupo
	Morera	Amapola	Jocote	
<b>Leche, g</b>				
Alta producción	2013	1877	1240	1710
Mediana producción	1737	1773	1337	1616
Promedio <sup>1</sup>	1875 <sup>a</sup>	1825 <sup>a</sup>	1288 <sup>b</sup>	
<b>Proteína, g</b>				
Alta producción	62	54	41	52
Mediana producción	57	59	44	53
Promedio <sup>1</sup>	60 <sup>a</sup>	57 <sup>ab</sup>	43 <sup>b</sup>	
<b>Grasa, g</b>				
Alta producción	83	57	36	59
Mediana producción	49	58	42	50
Promedio <sup>1</sup>	66 <sup>a</sup>	57 <sup>ab</sup>	39 <sup>b</sup>	
<b>Sólidos totales, g</b>				
Alta producción	239	199	153	197
Mediana producción	206	204	159	190
Promedio <sup>1</sup>	223 <sup>a</sup>	202 <sup>ab</sup>	156 <sup>b</sup>	

1/Valores con igual letra horizontal no difieren estadísticamente,  $p < 0,01$

En todos los casos la producción con ensilajes de estas especies es superior a la encontrada por Samur (1984) y Esnaola y Ríos (1994), utilizando *Erythrina poeppigiana* y fruto de banano en fresco como suplemento al pasto; y por Rodríguez (1989) utilizando *E. poeppigiana*, *Gliricidia* y banano en cabras lecheras. Sin embargo, debe considerarse que la calidad genética de las cabras utilizadas por estos autores, era inferior a la de los animales de este experimento.

En el Cuadro 30 puede observarse que no hubo efectos significativos del follaje ensilado sobre los contenidos de grasa, proteína y sólidos totales, ni sobre la acidez titulable. Sin embargo, sí hubo un efecto de cabra dentro de grupo, que puede indicar que dicha acidez tiende a afectarse de acuerdo al material ensilado que se utilice.

**Cuadro 30.** Caracterización de la leche de cabra según el tipo de ensilaje de leñosa forrajera consumida.

Grupo de cabras	Especie ensilada			Prom. grupo
	Morera	Amapola	Jocote	
<b>Proteína de leche, %</b>				
Alta producción	3,0	2,9	3,4	3,1
Mediana producción	3,3	3,4	3,3	3,3
Promedio <sup>1</sup>	3,2 <sup>a</sup>	3,1 <sup>a</sup>	3,4 <sup>a</sup>	
<b>Grasa de leche, %</b>				
Alta producción	4,1	3,0	2,7	3,3
Mediana producción	2,8	3,3	3,0	3,0
Promedio <sup>1</sup>	3,4 <sup>a</sup>	3,2 <sup>a</sup>	2,8 <sup>a</sup>	
<b>Sólidos totales, %</b>				
Alta producción	11,8	10,7	12,0	11,5
Mediana producción	11,7	11,5	12,1	11,8
Promedio <sup>1</sup>	11,8 <sup>a</sup>	11,1 <sup>a</sup>	12,0 <sup>a</sup>	
<b>Acidez titulable</b>				
Alta producción	0,15	0,14	0,16	0,15
Mediana producción	0,16	0,17	0,17	0,17
Promedio <sup>1</sup>	0,16 <sup>a</sup>	0,16 <sup>a</sup>	0,17 <sup>a</sup>	

1/Valores con igual letra horizontal no difieren estadísticamente,  $p < 0,01$

La calidad de la leche obtenida con ensilaje de Amapola es similar a la indicada por López (1993), con diferentes niveles de follaje en fresco (sin ensilar). Para el caso del ensilaje de Morera, los valores son ligeramente superiores a los encontrados en grasa y sólidos totales de leche, por Rojas y Benavides (1994) utilizando el forraje fresco. Lo anterior evidencia que los parámetros de calidad de la leche no se ven afectados cuando las cabras son alimentadas con el ensilaje de estas especies, coincidiendo con lo indicado por Miller *et al.* (1967) en vacas lecheras alimentadas con ensilaje de pasto Bermuda.

El Cuadro 31 muestra la eficiencia de utilización de los diferentes nutrimentos para producir un kilogramo de leche por cabra, de acuerdo al tipo de ensilaje utilizado. Se encontraron efectos significativos (Cuadro 13A) sobre la eficiencia de utilización de la PC y ED por efecto de la especie ensilada y el grupo de cabras. Así mismo resalta el efecto de los individuos dentro de cada grupo para la eficiencia de uso de la PC.

**Cuadro 31.** Eficiencia de utilización de nutrimentos, según el tipo de ensilaje de leñosa forrajera consumida por cabras.

Grupo de cabras	Especie ensilada			Prom. grupo
	Morera	Amapola	Jocote	
<b>Consumo MS total/kg leche</b>				
Alta producción	1,24	1,13	1,02	1,13
Mediana producción	1,30	1,28	1,42	1,33
<b>Promedio<sup>1</sup></b>	<b>1,27<sup>a</sup></b>	<b>1,20<sup>a</sup></b>	<b>1,22<sup>a</sup></b>	
<b>Consumo PC total/kg leche</b>				
Alta producción	0,23	0,28	0,22	0,24
Mediana producción	0,26	0,32	0,28	0,29
<b>Promedio<sup>1</sup></b>	<b>0,25<sup>b</sup></b>	<b>0,30<sup>a</sup></b>	<b>0,25<sup>b</sup></b>	
<b>Consumo ED total/kg leche</b>				
Alta producción	4,25	3,06	2,95	3,42
Mediana producción	4,61	3,54	3,96	4,04
<b>Promedio<sup>1</sup></b>	<b>4,43<sup>a</sup></b>	<b>3,30<sup>b</sup></b>	<b>3,46<sup>b</sup></b>	

1/Valores con igual letra horizontal no difieren estadísticamente,  $p < 0,01$

De acuerdo con lo anterior, aunque no se observaron diferencias entre las medias por efecto de la especie ensilada en el consumo de MS total y ED, con la Morera se observó una tendencia a necesitar mayor proporción de estos componentes para los niveles de producción encontrados. Esto refleja una menor eficiencia de conversión de MS en la Morera para producir leche, lo cual se relaciona con el efecto significativo que tuvo la especie sobre el consumo de ED. Para el caso de la Amapola, fue necesario un mayor consumo de PC para obtener la misma producción, debido a la menor calidad proteica del ensilado al compararlo con las otras especies.

La eficiencia de conversión en todas las variables con los ensilajes de Morera y Amapola, es menor con respecto a los forrajes frescos (sin ensilar) indicados por Rojas y Benavides (1994) y López (1993). Lo anterior puede explicarse por la menor calidad nutritiva de los ensilajes, comparados con los forrajes frescos.

#### 4.2.7. Balance alimentario

El Cuadro 32 presenta el balance alimentario por grupo, de acuerdo al consumo de cada ensilaje, producción de leche y contenido de grasa. Para el cálculo se tomaron en cuenta los siguientes valores: 49 kg de PV y 3,2% de grasa

de la leche. Se trabajó con el promedio de producción de leche obtenido para cada ensilaje por grupo, utilizando los requerimientos para cabras en condiciones tropicales y manejo intensivo, que equivalen a un 25% de incremento de las necesidades de mantenimiento.

Posiblemente con la Morera, el consumo de nutrientes sobrepasa las necesidades de los animales. Esto quiere decir que es probable que la producción con el ensilado de esta especie hubiese sido la misma si se ofrecía menor cantidad de ensilaje. En el caso de la Amapola y el Jocote, la producción de leche (y los requerimientos) estuvo limitada por el menor consumo de ED, ya que la producción es reflejo del nutriente faltante, y en este caso fue prácticamente igual a los requerimientos.

López (1993) también encontró un exceso de PC y un déficit de ED, con el uso de diferentes niveles del follaje de Amapola en fresco (sin ensilar). De igual forma, Rojas y Benavides (1994) también encontraron un exceso de PC cuando se ofrecía el follaje fresco de Morera, como suplemento a una dieta basal de pasto King-grass en cabras lecheras.

El elevado contenido de PC en los follajes de leñosas es importante, ya que en la mayoría de los casos los ensilajes de gramíneas tropicales contienen menos del 7% de PC, considerado como limitante en el consumo voluntario (Esperance, 1982). Ojeda (1991) indica que para garantizar que una parte de la producción de leche de vacas se realice a partir de un ensilaje, se requiere un mayor contenido de proteína.

La Morera presentó el mayor consumo de ED (28,8% y 46,6% más que la Amapola y el Jocote, respectivamente), lo cual coincide con su mayor contenido energético. En la primera especie, el desbalance observado se debe a un consumo por encima de los requerimientos, mientras que en la Amapola, el desbalance ocurre por deficiencias de PC en la dieta.

El consumo de ED de Morera y Amapola fue superior al indicado para cabras lecheras en jaulas de digestibilidad por Esquivel y Waelput (1994), con dos dietas basadas en alimento balanceado, pasto King-grass, poró, forraje y fruto de banano. El ensilaje de Jocote tubo un menor consumo, provocando la disminución de la producción.

**Cuadro 32.** Balance nutricional de cabras alimentadas con ensilajes de árboles y arbustos como dieta única.

Grupo de cabras	Especie ensilada			Promedio de grupo
	Morera	Amapola	Jocote	
<b>Requerimiento PC (g/an/día)<sup>1</sup></b>				
<b>Mantenimiento</b>				
Alta producción	89,6	89,6	89,6	89,6
Media producción	89,6	89,6	89,6	89,6
<b>Producción de leche</b>				
Alta producción	132,7	124,1	81,8	112,9
Media producción	114,8	116,8	88,4	106,7
<b>Total</b>				
Alta producción	222,3	213,7	171,4	202,5
Media producción	204,4	206,4	178,0	196,3
<b>Consumo PC (g/an/día)</b>				
Alta producción	463,0	526,3	278,3	422,5
Media producción	444,3	552,7	367,0	454,7
<b>Balance PC (g/an/día)</b>				
Alta producción	240,7	312,6	106,9	220,0
Media producción	239,9	346,3	189,0	258,4
<b>Requerimiento ED (Mcal/an/día)</b>				
<b>Mantenimiento</b>				
Alta producción	2,88	2,88	2,88	2,88
Media producción	2,88	2,88	2,88	2,88
<b>Producción de leche</b>				
Alta producción	3,02	2,82	1,86	2,57
Media producción	2,61	2,66	2,01	2,43
<b>Total</b>				
Alta producción	5,90	5,70	4,74	5,45
Media producción	5,49	5,54	4,89	5,31
<b>Consumo (Mcal/an/día)</b>				
Alta producción	8,53	5,75	3,68	5,99
Media producción	8,05	6,05	5,17	6,42
<b>Balance ED (Mcal/an/día)</b>				
Alta producción	2,63	0,05	-1,06	0,54
Media producción	2,56	0,51	0,28	1,11

<sup>1</sup>/Requerimientos calculados con base en la NRC (1981)

El déficit de ED podría ser cubierto con la utilización en la dieta de alguna fuente energética (melaza, banano o pulidura de arroz) junto con el ensilaje, para

aprovechar mejor los nutrimentos. Además, esto podría favorecer el consumo y la producción de los animales, debido a que por su excesiva acidez el consumo voluntario se deprime.

Los resultados obtenidos con el ensilaje de Morera, satisface los requerimientos nutricionales de cabras lecheras. Esto es de suma importancia, ya que autores como Ojeda *et al.* (1988; 1993) señalan que los ensilajes de pastos tropicales no pueden suministrarse como dieta única, y requieren de una suplementación con concentrados u otros alimentos capaces de suplir el déficit nutricional. Un ejemplo de esta situación lo indican Siebald *et al.* (1988), quienes afirman que el ensilaje de avena, además de un suplemento proteico, requiere de una suplementación energética para ser usado como un recurso base para engordar novillos.

Considerando que se trata de ensilajes, debe apreciarse que su calidad y la producción obtenidas en cabras lecheras son elevadas. Esto concuerda con lo afirmado por Ojeda y Díaz (1991), quienes indican que la calidad de los ensilajes es fundamental para lograr producciones adecuadas. Con base en los resultados obtenidos con estos materiales, se aprecia que no presentan mayores limitantes para ser ofrecidos como único alimento, debido a la disponibilidad de nutrimentos que tienen. La principal restricción que se presenta es debida al consumo voluntario, por tratarse exclusivamente de ensilajes (Little *et al.*, 1991).

### 4.3. Caracterización de los ensilajes por especie

#### 4.3.1 Chicasquil (*Cnidocolus aconitifolius*)

Este ensilaje presenta un contenido de MS original bajo (16,6%), aumentando la cantidad de efluentes (Henderson *et al.*, 1979; Luis y Ramírez, 1988a; 1988b). Sin embargo, el pH resultante (4,2) fue adecuado para la conservación.

Presenta una elevada calidad en DIVMS en el forraje original antes de ensilar (fresco, 77,2%; premarchitado, 73,6%), manteniéndose en los ensilajes (74,3% y 72,5% respectivamente). Además presenta la mayor calidad proteica (21,2% fresco y 18,6% premarchitado) de todos los forrajes originales, manteniéndose también con el ensilaje (fresco, 21,3%; premarchitado, 23,6%).

En el forraje sin marchitar, a pesar del elevado contenido de PC, el nivel de NH<sub>3</sub> fue aceptable (< 20%), aunque presentó un contenido de acético inaceptable (6,19%), lo que refleja un proceso de metabolización de los carbohidratos y los ácidos orgánicos de esta planta por bacterias heterolácticas, homolácticas, enterobacterias y levaduras debido a su elevada DIVMS, y no como producto de la degradación proteica (Whittenburry *et al.*, 1967). Esta especie ensilada presenta una drástica reducción del acético cuando el forraje se premarchita.

La adición de la melaza al material sin marchitar aumenta la MS, y el contenido de PC, permite un leve incremento de la DIVMS, y reduce las pérdidas por efluentes y amonio. El acético se incrementa también con la melaza, e induce una menor producción de láctico (1,92%) al compararse con el material sin marchitar y sin melaza (6,34%). El aditivo mejora la DIVMS en el forraje premarchitado. Sin embargo, la adición de melaza al ensilaje de esta especie reduce la calificación total de indicadores organolépticos, lo que refleja procesos fermentativos menos adecuados para conservar el forraje.

Aunque el Chicasquil no fue evaluado en la prueba de consumo y producción de leche debido a la poca disponibilidad de material, es importante considerar los resultados de Vallejo y Esquivel (1993), quienes indicaron que el ensilaje de esta especie fue el mejor consumido (2,41% MS/PV) por cabras en crecimiento, suministrándose como dieta única. También señalaron los mejores consumos de PC (106 g) y MSD (650 g).

Por la calidad del ensilaje de Chicasquil y los resultados de estos autores, puede considerarse que es posible producir ensilaje de buena calidad con esta especie leñosa, para ser empleado en sistemas de alimentación animal.

#### 4.3.2 Morera (*Morus* sp.)

El forraje sin marchitar de Morera presentó un adecuado contenido de MS al ensilarse, y mostró la mayor DIVMS (78,0%) en comparación con el resto de las especies. Después de ensilado se ubicó como el segundo mejor valor de este indicador sin marchitar (69,5%), al igual que con el material premarchitado (66,7%).

La adición de melaza al material sin marchitar aumenta la MS, mejora ligeramente la DIVMS y reduce la PC, NH<sub>3</sub> y el ácido acético. El aditivo también mejora la calidad del forraje premarchitado y la calificación total de los indicadores organolépticos.

Los niveles alcanzados de PC tanto sin marchitar como premarchitado, se encuentran dentro del promedio de todas las especies. El menor valor de esta especie se presentó con el forraje premarchitado y la adición de melaza (15,2%). El ensilaje producido con ambos tipos de materiales, presentó un nivel óptimo de amonio (<2%), aceptable de acético sin marchitar (<6%) y óptimo en premarchitado; y tan solo trazas de ácido butírico sin marchitar. Se alcanzaron niveles adecuados de ácido láctico en los dos tipos de materiales, con mayor incidencia en aquellos donde se adicionó la melaza por el estímulo de la fermentación láctica.

Los indicadores fermentativos y organolépticos reflejaron un adecuado proceso fermentativo en los ensilajes de esta especie, con un bajo efecto sobre la calidad del forraje original.

El ensilaje de Morera sin marchitar empleado en las pruebas de respuesta animal con cabras lecheras, también presentó una adecuada calidad: 28,4% MS, 17,2% de PC, y 66,3% de DIVMS. Los indicadores fermentativos también reflejaron esta calidad: un nivel óptimo de NH<sub>3</sub>/NT (1,70%), aceptable en ácido acético (2,84%) y 6,79% en ácido láctico. Sin embargo, presentó ácido butírico por encima del nivel óptimo en todos los períodos, contrario a las trazas encontradas

para este mismo material en microsilos. Lo anterior se debe a la actividad clostrídica estimulada por un pH elevado (5,0), el cual fue superior al encontrado en microsilos con forraje sin marchitar (4,4). La calificación de los indicadores organolépticos también refleja la calidad de esta especie ensilada.

Con este ensilaje se encontró el mayor consumo de MS, MSD, ED, ED/MS, MS/PV y MS/P<sup>0,75</sup>. El consumo de MS/PV (4,90%) se considera elevado para cabras lecheras en condiciones tropicales (Arbiza, 1986), todavía más por tratarse del consumo de ensilajes como dieta única en cabras. Estos consumos son reflejo de la calidad de la especie antes de ensilar (con adecuados niveles de MS, PC y DIVMS) y contenidos de acético y amonio por debajo del valor crítico.

Las cabras consumiendo ensilaje de Morera, efectuaron una mayor selección en cuanto a la DIVMS del material ofrecido, y un menor rechazo en consumo de MS.

Con este ensilaje se produjo la mayor producción de leche (1875 g/an/día), y de proteína, grasa y sólidos totales en la misma. Sin embargo, en cuanto a conversión de nutrientes el ensilaje de Morera fue menos eficiente, al necesitarse un mayor consumo de MS y ED por cada kg de leche producido. Además, el balance alimentario mostró que el ensilaje de Morera ofrecido satisface los requerimientos nutricionales de cabras lecheras, presentando también un exceso de proteína y energía.

#### 4.3.3 Sauco amarillo (*Sambucus canadensis*)

En microsilos se presentó una pérdida de MS sin marchitar del 15,3%, que supera el rango aceptable indicado por Ojeda *et al.*, 1991. Al igual que en el Jocote, coincide con un contenido de MS original relativamente bajo (22,6%), aumentando el nivel de efluentes (Henderson *et al.*, 1979; Luis y Ramírez, 1988a; 1988b). Sin embargo, a pesar de tener un contenido de MS bajo, el pH (4,4), ácido butírico (trazas) y amonio (4,38%) resultaron adecuados para la conservación.

El ensilaje sin marchitar presenta una calidad intermedia en cuanto a la DIVMS (62,2%) y de las más reducidas en PC (16,3%). Además presentó niveles inaceptables de acético (> 6%), reflejó de una alta metabolización de los

carbohidratos y ácidos orgánicos de la planta por bacterias heterolácticas, homolácticas, enterobacterias y levaduras (Whittenburry *et al.*, 1967), a pesar de la reducida DIVMS presentada.

La vía de producción del acético en este ensilaje no se debe a la metabolización de los aminoácidos por las bacterias clostrídicas proteolíticas, ya que el contenido de amonio estrechamente relacionado con el acético, se encuentra dentro del rango óptimo. El premarchitado reduce los niveles de acético.

La adición de melaza al material sin marchitar aumenta la MS, y reduce la PC, el amonio y el acético tanto sin marchitar como premarchitado. Además permite mejorar la DIVMS en el forraje premarchitado con melaza. Sin embargo, el aditivo afecta la calificación total de los indicadores organolépticos, reflejando un proceso fermentativo más deficiente cuando se agrega.

El ensilaje de Sauco sin marchitar, empleado durante el primer período en las pruebas de consumo y producción, mostró un bajo contenido de MS (17,6%), reducida DIVMS (54,9%) y un elevado valor de PC (17,8%). También presentó un pH de 4,8, ligeramente superior al óptimo (4,2), contenido adecuado de amonio (5,14%), trazas de butírico y 6,25% de láctico.

Sin embargo, el contenido de acético nuevamente fue inadecuado (14,2%), reflejo de una elevada metabolización de los carbohidratos y ácidos orgánicos, similar a lo ocurrido en los microsilos. También la calificación total de indicadores organolépticos reflejó un proceso fermentativo deficiente en el ensilaje de esta especie.

El ensilaje de Sauco fue eliminado al inicio del experimento con cabras, debido al bajo consumo voluntario como dieta única (0,23% MS/PV), consecuencia de la alta concentración de ácido acético en el material (Dowden y Jacobson, 1960; Hutchinson y Wilkins, 1971; Wilkins *et al.*, 1971; Umaña *et al.*, 1991). No fue muestreada la leche de los animales alimentados con este material.

También se observó que en menos de una hora su color cambiaba de verde oscuro a café o marrón, desprendiendo un olor desagradable, lo cual refleja un rápido proceso de deterioro aeróbico debido al ambiente, afectando la calidad.

#### 4.3.4 Jocote (*Spondias purpurea*)

En la evaluación con microsilos se observó una pérdida de MS sin marchitar del 23,9%, superior al rango aceptable indicado por Ojeda *et al.* (1991). Esto coincide con un contenido de MS original bajo (18,0%), provocando un incremento en la producción de efluentes (Henderson *et al.*, 1979; Luis y Ramírez, 1988a; 1988b). A pesar de tener un contenido de MS inicial bajo, el pH resultante fue por el contrario excesivamente ácido (2,6), debido a características propias de la especie, lo cual provoca que la fermentación no siga el patrón convencional de los ensilajes, y además elimina la capacidad amortiguadora del material.

El forraje fresco presentó además el menor contenido de PC (15,4%) de todos los ensilajes con materiales sin marchitar, un valor de amonio óptimo (0,97% en promedio) y aceptable en acético (0,70%). Los bajos valores de estos indicadores, reflejan una proteólisis reducida debido a la acidez de este ensilaje, que permite controlar los clostridios causantes de esta degradación.

La adición de melaza aumenta la MS y mejora considerablemente la DIVMS, tanto sin marchitar (67,6%) como premarchitado (61,2%), y aumenta el contenido de PC por la reducción de pérdidas por efluentes. Sin embargo, fue el único ensilaje donde la adición de melaza incrementó las pérdidas de amoníaco, y aumenta el nivel de acético.

La melaza indujo un pH ligeramente mayor tanto sin marchitar como premarchitado, lo cual puede ser favorable en esta especie ensilada, ya que la excesiva acidez provoca reducción del consumo voluntario. La disminución del pH está relacionada también con la reducción en el contenido de láctico al agregar el aditivo al forraje sin marchitar y premarchitado, probablemente debido a que su acidez reduce más rápido la actividad de las bacterias ácido lácticas.

El ensilaje de Jocote empleado en las pruebas de consumo, presentó en promedio 20,8% de MS, 60,5% de DIVMS y 16,8% de PC. Estos indicadores fueron superiores a los encontrados en los microsilos (13,5% MS, 56,5% DIVMS y 15,4% PC).

El ensilaje de estas pruebas también presenta un pH reducido (2,9

promedio), lo cual afecta directamente la actividad microbial y enzimática. Esto se demuestra por el bajo contenido de productos amoniacales (1,06%), ácido acético (1,26%), ácido láctico (1,06%) y trazas de butírico. Por otro lado, este ensilaje mostró una adecuada calificación de los indicadores organolépticos.

Este pH excesivamente ácido redujo el consumo voluntario de los animales (Orth y Kaufmann, 1966; Morris y Levitt, 1968; Wilson y Wilkins, 1973; Wernli, 1975). Vallejo y Esquivel, (1993) también encontraron un menor consumo del ensilaje de Jocote (0,82% MS/PV) utilizando cabras en crecimiento. La presencia de taninos en el follaje de esta especie (Morton, 1981), puede ser otra causa que deprime el consumo voluntario de este ensilaje.

Con el ensilaje de Jocote se obtuvo la menor producción de leche (1288 g), debido precisamente a la reducción del consumo por su excesiva acidez. También presentó la menor producción en cuanto a proteína, grasa y sólidos totales de la leche. La acidez titulable reflejó un ligero incremento en la acidez de la leche producida con animales alimentados con este ensilaje. La eficiencia de conversión de nutrientes para la producción de leche fue semejante a las encontradas para la Morera y la Amapola.

El balance alimentario mostró un exceso de proteína y un déficit energético con el ensilaje de Jocote. Este desbalance en energía puede ser cubierto con el empleo de alguna fuente energética (melaza, banano o pulidura de arroz), que permita aprovechar mejor los nutrimentos e incrementar el consumo.

#### 4.3.5 Tora blanca (*Verbesina turbacensis*)

En microsilos se presentaron pérdidas en material sin marchitar de Tora Blanca de 6,6%, inferior al señalado como aceptable por Ojeda *et al.* (1991). Lo anterior debido al elevado valor de MS original (25,2%), que reduce las pérdidas por efluentes. Muestra también una calidad intermedia en cuanto a la DIVMS (59,9%).

Presentó un nivel de amonio aceptable (9,93%); e inaceptable de acético (16,7%), debido a la metabolización de los aminoácidos y carbohidratos del forraje,

el cual se reduce al premarchitar el material. Este ensilaje también presentó un nivel deficiente (0,65%) de ácido butírico. Estos indicadores son reflejo de una considerable capacidad amortiguadora de este tipo de forraje en fresco, resultando en un nivel elevado de pH (5,0).

La Tora Blanca requiere de la adición de carbohidratos solubles para mejorar la conservación. Por esta razón la adición de melaza al material sin marchitar aumenta la MS, reduce la PC y el contenido de amonio. Facilita la reducción del pH y el nivel de acético, tanto sin marchitar como premarchitado. Este aditivo permite también incrementos considerables de ácido láctico (28,03%) comparado con el premarchitado sin aditivo (6,31%).

Sin embargo, el nivel de acético obtenido en el forraje premarchitado con melaza es inaceptable (7,58%) al compararlo con el forraje sin marchitar con aditivo (4,31%).

En términos generales puede apreciarse con estas características, que la adición de melaza permite lograr indicadores fermentativos más adecuados en el ensilaje de este forraje, lo cual también se demuestra con el mejoramiento de la calificación total de los indicadores organolépticos, influyendo positivamente sobre las características fermentativas del material.

Vallejo y Esquivel (1993) encontraron resultados similares con esta especie en microsilos, indicando que con la adición de 5% de melaza al forraje sin marchitar, se aumenta la MS del ensilaje (18,7% y 22,1%, control y con aditivo, respectivamente) y la DIVMS (58,4% y 63,5%); y se reduce la PC (16,1 a 14,3%), el pH (5,5 a 4,2) y los productos amoniacaes (6,1 a 1,4).

#### 4.3.6 Guácimo (*Guazuma ulmifolia*)

En microsilos, el ensilaje de Guácimo presentó pérdidas en material fresco de 6,1%, dentro del rango aceptable según Ojeda *et al.* (1991); y un nivel de amonio óptimo (< 2%). Sin embargo, presentó una alta capacidad amortiguadora sin marchitar, demostrado por el elevado pH (5,2), baja DIVMS (55,6%) y la carencia de ácido láctico; resultando en un ensilaje de malas características. Fue

el único ensilaje que presentó un aumento de acético con forraje premarchitado sin melaza comparado con el material sin marchitar.

La adición de melaza aumenta la MS y mejora considerablemente la DIVMS, tanto en forraje fresco (62,0%) como premarchitado (59,3%). Reduce también la PC por dilución, y el contenido de amonio. Permite un menor pH por el poder acidificante que tiene, tanto sin marchitar como premarchitado; y un menor contenido de acético.

Sin embargo, en el ensilaje premarchitado la adición de melaza incrementa el contenido de amonio, y permite un aumento drástico del nivel de láctico (16,10%), comparado con el premarchitado sin aditivo (7,56%).

En el ensilaje de esta especie, la adición de melaza mejora en términos generales los valores de los indicadores fermentativos y la calificación total de los indicadores organolépticos, lo que demuestra un mejoramiento de las características fermentativas con el uso del aditivo.

#### 4.3.7 Amapola (*Malvaviscus arboreus*)

De acuerdo con la evaluación en microsilos, el forraje sin marchitar de Amapola durante el proceso de ensilaje aumenta el contenido de PC, además presenta un nivel de amonio óptimo (< 2%) y trazas de ácido butírico. Sin embargo, no puede considerarse como un ensilaje adecuado. Presentó pérdidas de MS de 25,4%, que superan el rango aceptable (7 al 10%) indicado por Ojeda *et al.* (1991). Además, la calificación total de indicadores organolépticos también mostró resultados deficientes para esta especie sin marchitar, en cualquiera de los niveles de aditivo estudiados.

La mala calidad del ensilaje sin marchitar de esta especie, puede deberse a una elevada capacidad amortiguadora, lo cual se demuestra por su elevado pH, reducida DIVMS (bajo contenido de carbohidratos solubles) y la total carencia de ácido láctico como resultado.

La práctica del premarchitado en esta especie mejora la calidad del ensilaje, debido a que afecta la capacidad amortiguadora de esta especie. Esto se demuestra por la calificación favorable del total de indicadores organolépticos, y el incremento en el nivel de ácido láctico (26,3%) al adicionar melaza, comparado con el premarchitado sin aditivo (7,4%).

Sin embargo, premarchitar el forraje de Amapola afecta el contenido proteico del material, ya que pasa de 22,7% a 14,0%, siendo el menor valor de PC obtenido de todos los ensilajes. Además se presenta una mayor concentración de amonio (3,47%), más elevada que en el material sin marchitar (1,52%), producto de la elevada degradación proteica ocurrida. Con la melaza todavía se aumentan más los productos amoniacaes en el material premarchitado (3,59%).

La adición de melaza al material sin marchitar y premarchitado, aumenta el contenido de MS y mejora considerablemente la DIVMS con respecto al forraje respectivo sin aditivo. Además reduce el amonio, el pH (sin marchitar y premarchitado), y el acético (sin marchitar), aunque se incrementa en el premarchitado, probablemente como consecuencia de la desgradación proteica. Sin embargo, el aditivo reduce el contenido de PC en el material sin marchitar.

El ensilaje premarchitado de Amapola utilizado en las pruebas de consumo, presentó en promedio una calidad regular: 31,8% de MS; 58,4% DIVMS y 16,4% de PC.

Por tratarse de un forraje premarchitado, este ensilaje presentó un pH normalmente elevado (5,0), por el incremento en la MS. Los contenidos promedio de  $\text{NH}_3/\text{NT}$  (0,64%) y ácido acético (0,97%) fueron óptimos, con un contenido aceptable de butírico (0,17%). Presentó además una proporción de 3,43% de láctico en promedio, y una calificación de indicadores organolépticos adecuada.

En las pruebas de consumo y producción, el ensilaje de Amapola premarchitada presentó el mejor consumo de PC (540 g), y el segundo mejor consumo en MS/PV (4,35%), MS, MSD y ED. El consumo de MS/PV es similar al promedio indicado por Arbiza (1986) de 4,2%, para consumos de forrajes sin ensilar de varios estudios efectuados en cabras lecheras. Este material presentó los mayores valores de selección de PC consumida. Se observó un mayor rechazo, debido a una mayor selección practicada por los animales porque la calidad del

forraje conservado fue ligeramente menor al resto, producto de una elevada proporción de tallo utilizado.

La producción de leche obtenida fue elevada (1825 g), considerando que se trata de una dieta basada en ensilaje como dieta única. Por su parte el balance alimentario mostró una adecuada calidad del ensilaje de Amapola al presentar un exceso de PC, y un contenido de ED suficiente de acuerdo con los requerimientos nutricionales de cabras lecheras.

#### 4.3.8 Nacedero (*Trichantera gigantea*)

En la evaluación con microsilos, el ensilaje sin marchitar de Nacedero presentó pérdidas de MS de 3,9%, aceptables según Ojeda *et al.* (1991). Sin embargo, mostró una elevada capacidad amortiguadora, lo cual se refleja en el elevado pH (7,1), baja DIVMS (poco contenido de carbohidratos solubles) y la carencia de ácido láctico, tanto sin marchitar como premarchitado.

Presentó además un nivel de amonio aceptable (8,46%), pero inaceptable en el contenido de ácido acético (13,0%). Estos indicadores reflejan una elevada metabolización de los carbohidratos y de los ácidos orgánicos de esta planta por bacterias heterolácticas, homolácticas, enterobacterias y levaduras, lo cual reduce su DIVMS (Whittenburry *et al.*, 1967).

Este ensilaje resultó con concentraciones inaceptables de ácido butírico sin marchitar (5,83%), y malas al adicionar melaza (1,95%); y fue el único de los premarchitados que mostró contenidos de butírico, un nivel aceptable con melaza (0,08%) y malo (0,19%) sin el aditivo. El premarchitado redujo considerablemente el contenido de los ácidos acético y butírico, comparándolos con el material sin marchitar.

La adición de melaza al material sin marchitar aumenta la MS y la DIVMS (65,2%) comparadas con el forraje fresco (53,9%); también mejora en el forraje premarchitado. El aditivo reduce la PC y el amonio en el material sin marchitar, y permite reducir los niveles de pH y acético, tanto sin marchitar como premarchitado. Sin embargo, aún con la melaza, los niveles de pH alcanzados no

son adecuados para la conservación.

Los indicadores fermentativos así como la calificación total de indicadores organolépticos, demuestran que el forraje de Nacedero no es adecuado para ensilar.

## 5. CONCLUSIONES

### 5.1 Generales

- 1.- El efecto de los tratamientos fue diferente según la especie ensilada, y se presentaron interacciones entre los factores bajo estudio. No obstante, se pueden resaltar algunas tendencias generales producto de las técnicas de premarchitamiento y de la adición de melaza.
- 2.- El premarchitado reduce el contenido de PC y la DIVMS, pero mejora todas las características fermentativas de los ensilajes, siendo este efecto más positivo en los materiales a los que no se les adiciona melaza. La excepción es el pH, sin embargo, en materiales presecados este factor pierde relevancia, debido a que la menor humedad permite controlar el proceso fermentativo.
- 3.- La melaza mejora casi todos los parámetros fermentativos y su efecto es más evidente en los materiales sin marchitar, al reducir las pérdidas de amonio y el ácido acético, y mejorar los indicadores organolépticos. Al premarchitar, la disminución del contenido de agua limita la actividad microbial y con ello el proceso fermentativo.  
Con este aditivo aumenta el contenido de MS y la DIVMS en casi todas las especies y reduce ligeramente el contenido de PC, excepto en los materiales con menor contenido de MS antes de ensilar. Así mismo, incrementa el ácido láctico e inhibe las fermentaciones indeseables al reducir el pH.
- 4.- Aunque la adición de melaza y el premarchitado mejoraron la calidad de los ensilajes, el grado en que alteran las características no necesariamente justifica su aplicación en todas las especies, ya que su efecto con respecto al material original fue variable, y dependió en buena medida de la especie ensilada.
- 5.- El elevado contenido de PC de las especies utilizadas no representa un problema en la mayoría de ellas, como sucede con cierta leguminosas, ya que el alto nivel energético de los materiales favorece el proceso de fermentación.

- 6.- Es posible obtener ensilados de buena calidad con el follaje de varias de estas especies, así como adecuados consumos y niveles de producción de leche con cabras en confinamiento.
- 7.- La posibilidad de preparar ensilajes de alta calidad en el trópico, con follaje de leñosas disponibles en las fincas y adaptadas a las condiciones ecológicas de América Central, representa una alternativa adecuada no sólo para conservar alimentos en las épocas de escasez, sino también para obtener niveles satisfactorios de producción animal sin deterioro de los recursos naturales.

## 5.2 Por especie

- 1.- El Chicasquil es el material con los mejores niveles de DIVMS y PC con respecto al material original. En términos generales, tanto el premarchitado como la adición de melaza no afectaron las características fermentativas del ensilado. Solamente disminuyó la formación de ácido láctico por efecto del premarchitado en los materiales sin melaza, y por efecto de la adición de melaza en materiales sin premarchitar. En este último caso también se encontró un incremento en la formación de ácido acético, lo cual puede solucionarse procurando un alto contenido de MS antes de ensilar.
- 2.- Con la Morera se pueden preparar ensilajes con buenos niveles de DIVMS y PC; niveles óptimos de amonio, aceptables de acético, trazas de butírico, y con elevados niveles de láctico. Aunque con esta especie se detectó la mayor pérdida de DIVMS en relación al material original, tanto por efecto del ensilado, como por efecto del premarchitado; se obtuvieron los mayores consumos de materia seca y de producción de leche con cabras en confinamiento.
- 3.- Algunas características fermentativas del Sauco (ácido láctico e indicadores organolépticos) se afectaron por el premarchitamiento, lo que redujo la DIVMS, especialmente con el material sin melaza. El aditivo mejoró la calidad en todos los parámetros, a pesar de que desmejoraron los indicadores organolépticos. Sin embargo, el material ofrecido a las cabras no fue bien consumido, posiblemente por su alto nivel de acético y a una rápida deteriorización aeróbica después de abierto el silo.

- 4.- El Jocote mostró niveles de pH excesivamente bajos con todos los tratamientos. Con el premarchitado, se obtuvo además niveles reducidos de ácido láctico, y una calificación regular de los indicadores organolépticos. Mientras que con la adición de melaza, fue evidente el mejoramiento en la digestibilidad de la especie. El bajo pH mostrado por este material, afectó directamente el consumo y la producción de leche de cabras.
- 5.- En la Tora Blanca, con el premarchitado se vieron afectados tanto el contenido de proteína como la digestibilidad; sin embargo, mejoró el contenido de láctico, especialmente con el aditivo. Con el material sin marchitar, la melaza permitió controlar los niveles de amonio, ácido acético y butírico, además de reducir el pH.
- 6.- El contenido de PC y DIVMS también se vieron afectados en el Guácimo con el premarchitado, mientras que mostró un contenido elevado de ácido láctico. La adición de la melaza permitió mejorar los parámetros fermentativos, especialmente con el material sin marchitar.
- 7.- El material sin marchitar de Amapola mostró características indeseables para ser utilizado como ensilaje, a pesar del mejoramiento que permite el aditivo en los indicadores fermentativos. Por otro lado, el premarchitamiento de la Amapola afecta drásticamente la calidad proteica y la digestibilidad del ensilaje, además de incrementar los niveles de amonio y acético. Sin embargo, con ensilaje de Amapola premarchitada se obtuvo un adecuado consumo por cabras lecheras, permitiendo además una elevada producción.
- 8.- El Nacedero mostró características fermentativas y organolépticas indeseables con todos los tratamientos, convirtiéndolo en un forraje no apto para conservarlo a través de ensilaje.

## 6. RECOMENDACIONES

- 1.- El premarchitado y el uso de la melaza solamente son recomendables en aquellos materiales que mostraron una variación realmente significativa como consecuencia de su aplicación y que justifique la inversión necesaria para ello. En tal caso, y de acuerdo a los resultados obtenidos, es indispensable el premarchitado en la Amapola; mientras que el Guácimo y la Tora Blanca serían los materiales que mejor responderían a la utilización de la melaza.
- 2.- Es recomendable evaluar otros factores (tamaño de partícula, edad de corte, aditivos) para determinar su efecto sobre las posibilidades de ensilaje de este tipo de recursos forrajeros.
- 3.- La elaboración de ensilajes mixtos con pastos y otras fuentes energéticas (melaza, banano, pejibaye), podría ser una alternativa adecuada para mejorar la calidad de los ensilajes tradicionales y con ello aprovechar los nutrimentos de este tipo de forrajes, especialmente la proteína.
- 4.- Es necesario continuar la investigación sobre el uso de ensilaje de árboles y arbustos en la alimentación de rumiantes (incluyendo bovinos), tanto como dieta única como suplemento a los forrajes normalmente usados.
- 5.- Es importante profundizar en las características físicas, químicas y fisiológicas de las leñosas forrajeras, que provocan efectos diferentes en cada una de ellas bajo los mismos tratamientos en términos de sus cualidades fermentativas.
- 6.- El uso de bolsas de PVC puede ser costoso como alternativa para pequeños productores, por lo que la evaluación de otros tipos de silos puede permitir la elaboración de ensilajes más al alcance de las posibilidades económicas del productor.

## 7. LITERATURA CITADA

- AGUILERA, G.R. 1975. Dinámica de la fermentación de ensilaje de hierbas tropicales. 1. Elefante Candelaria (*P. purpureum*) sin aditivos. Revista Cubana de Ciencia Agrícola (Cuba) 9(2):235-243
- \_\_\_\_\_. 1979. Dinámica de la fermentación del ensilaje de pastos tropicales. 2. Pangola común (*Digitaria decumbens* Stent) ensilada con y sin 4% de melaza de caña de azúcar. Pastos y Forrajes (Cuba) 2(3):489-503
- \_\_\_\_\_. 1980. Dinámica de la fermentación de pastos tropicales. 3. Bermuda de Costa con y sin adición de 4% de miel. Pastos y Forrajes (Cuba) 3(2):309-319
- \_\_\_\_\_; LLAMAS, G.; SHIMADA, A. 1992. Valor nutritivo del ensilaje de pasto Elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) cv. Taiwan, adicionado con un inhibidor y dos estimulantes de la fermentación. Técnica Pecuaria en México (México) 30(3):196-207
- ALDER, F.E.; McLEOD, D.L.; GIBBS, B.G. 1969. Comparative feeding value of silages made from wilted and unwilted grass and grass/clover herbage. Journal of the British Grassland Society (G.B.) 24(3):199-206
- ANDERSON, R. 1983. The effect of extended moist wilting and formic acid additive on the conservation as silage of two grasses differing in total nitrogen content. Journal of the Science of Food and Agriculture (G.B.) 34(8):808-818
- AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS). 1984. Official methods of analysis. 14 ed. Ed. S.Williams. Arlington, Virginia 1141 p.
- ARAYA, J.; BENAVIDES, J.E.; ARIAS, R.; RUIZ, A. 1994. Identificación y caracterización de árboles y arbustos con potencial forrajero en Puriscal, Costa Rica. In Benavides, J.E. Árboles y arbustos forrajeros en América Central. Turrialba, C.R., CATIE. V1, p.31-63 (Serie Técnica. Informe Técnico No.236)
- ARBIZA, S.I. 1986. Producción de caprinos. México, D.F., A.G.T. Editor. 695 p.
- BATEMAN, J.V. 1970. Nutrición animal. Manual de métodos analíticos. México, D.F., Herrero. 468 p.
- BECKER, R.B.; DIX ARNOLD, P.T.; DAVIS, G.K.; FOUTS, E.L. 1943. Citrus Molasses-A new feed. Journal of Dairy Science (EE.UU.) 26:735
- BENAVIDES, J.E. 1989. La producción caprina como un componente en sistema agroforestales. Turrialba, C.R., CATIE. 90 p.
- BORES, R.; RIVAS, F.; CASTELLANOS, A. 1986. Características del ensilaje de pasto taiwan adicionando diversas fuentes de nitrógeno. Técnica Pecuaria de México (México) 50:160-164.

- BORLAND INTERNATIONAL INC. 1992. Quattro pro: Programa y manual de uso, Versión 4.00. EE.UU.
- BOULTWOOD, J.N. 1964. Two valuable perennial legumes - horse marmalade (*Desmodium discolor*) and kuru vine (*D. intortum*). Rhodesian Agricultural Journal (Zimbabwe) 61:70-72  
**Citado por:** Skerman, P.J.; Cameron, D.G.; Riveros, F. 1991. Leguminosas forrajeras tropicales. Roma, FAO. 707p. (Colección FAO: Producción y protección vegetal no.2)
- CARPINTERO, M.C.; HOLDING, A.J.; McDONALD, P. 1969. Fermentation studies on lucerne. Journal of the Science of Food and Agriculture (G.B.) 20(11):677-681
- CASTLE, M.E.; WATSON, J.N. 1973. Silage and milk production. A comparison between wilted grass silages made with and without formic acid. Journal of the British Grassland Society (G.B.) 28(2):73-79
- CATCHPOOLE, V.R. 1965. Laboratory ensilage of *Setaria sphacelata* (Nandi) and *Chloris gayana* (C.P.I. 16144). Australian Journal of Agricultural Research (Australia) 16:391-402
- \_\_\_\_\_. 1966. Laboratory ensilage of *Setaria sphacelata* (Nandi) with molasses. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry (Australia) 6(20):76-81
- \_\_\_\_\_; WILLIAMS, T.W. 1969. The general pattern in silage fermentation in two subtropical grasses. Journal of the British Grassland Society (G.B.) 24(4):317-324
- \_\_\_\_\_. 1970. The silage fermentation of some tropical pasture plants. *In* International Grassland Congress (11, 1970, Australia) [Proceedings] Ed. M.J.T. Norman. Queensland, Australia. p.891-894
- CATIE. 1987. Resumen de datos meteorológicos. Turrialba, C.R. 1 p.
- CHADHOKAR, P.A. 1983. Forage development for dairy cattle in the mid-country region of Sri Lanka. World Animal Review. (?) no.48:38-45
- CHURCH, D.C.; POND, W.G. 1976. Basic animal nutrition and feeding. Oregon. Schultz/Wack/Weir. p. 221-231  
**Citado por:** CATIE. 1991. Madero Negro, especie de árbol de uso múltiple en América Central. Turrialba, C.R. 79 p. (Serie Técnica. Informe Técnico no.180)
- CONRAD, H.R.; BAILE, C.A.; MAYER, J. 1977. Changing meal patterns and suppression of feed intake with increasing amounts of dietary nonprotein nitrogen in ruminants. Journal of Dairy Science. (EE.UU.) 60(11):1725-1733

- CONTRERAS, L.D.; AGUILAR, A.M. 1991. Efecto del tamaño de partícula sobre el consumo voluntario e incremento de peso en caprinos alimentados con frutos de guácima (*Guazuma ulmifolia* Lam.). In Roque, L.; Salinas, A.; Picón, F.; Niño, R.; Salinas, H.; Trejo, A.; Gallegos, M.; Beltrán, J. Reunión Nacional sobre Caprinocultura. (7., Nuevo León, 1991) [Memorias] México. UNAM. 370 p.
- CROWDER, L.V.; CHHEDA, H.R. 1982. Tropical grassland husbandry. London, Longman Group. 562 p.
- DE LA FUENTE, B.A. 1990. Estudio de aditivos y cinética del ensilaje de madero negro (*Gliricidia sepium*). Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 97 p.
- DICKERSON, J.A.; SALON, P.R. 1993. Developing eastern gamagrass as a conserved forage. In International Grassland Congress (17., 1993, Australia) [Proceedings]. Australia. No.2 p.880-881
- DOMINGUEZ, G.H.; HARDY, C. 1981. Effects of cutting age and final molasses on the quality of pangola grass (*Digitaria decumbens* Stent) silage. Cuban Journal of Agricultural Science (Cuba) 15(3):333-340
- \_\_\_\_\_; HARDY, C. 1988. Effect of cutting age and final molasses levels on the quality of coast cross bermuda grass (*Cynodon dactylon* L.Pers.) silage. Cuban Journal of Agricultural Science. (Cuba) 22(3):311-316
- DOWDEN, D.R.; JACOBSON, D.R. 1960. Inhibition of appetite in dairy cattle by certain intermediate metabolites. Nature (G.B.) 188:148-149
- DUMONT, L.J.C.; LANUZA, A.F. 1993. Effects of applied nitrogen and rest period on forage production and silage quality. In International Grassland Congress (17., 1993, Australia) Proceedings. Australia. V.1 p.880-881
- ENISHI, O.; SHIJIMAYA, K.; SHIOYA, T.; YAMASHITA, Y. 1991. The quality of sesbania (*Sesbania cannabina* Pers.) maize (*Zea mays* L.) mixed silage and its intake and digestibility in goats. Journal of Japanese Society of Grassland Science (Japón) 37(2):213-218.
- ESNAOLA, M.A.; RIOS, C. 1994. Hojas de poró (*Erythrina poeppigiana*) como suplemento proteico para cabras lactantes. In Benavides, J.E. (ed.) Arboles y arbustos forrajeros en América Central. Turrialba, C.R., CATIE. V.1, p.283-294. (Serie Técnica. Informe Técnico No.236)
- ESPERANCE, M. 1982. Estudios para mejorar la utilización del ensilaje en vacas lecheras. Tesis Dr. Ciencias. Matanzas, Cuba, Centro Universitario de Matanzas/Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey". 147 p.
- \_\_\_\_\_. 1986. Algunas características fermentativas y valor nutritivo de los ensilajes fabricados en la Región Occidental de Cuba. Pastos y Forrajes (Cuba) 9(3):271-277

- ESQUIVEL, J.O.; BENAVIDES, J.E. 1993. Evaluación del consumo de heno de diferentes forrajes arbóreos en cabras en crecimiento. *In* Seminario Centroamericano y del Caribe sobre Agroforestería y Rumiantes Menores (2, 1993, San José, C.R.) [Memorias] San José, C.R., INA. V.2, p.38-43
- \_\_\_\_\_; WAELPUT, J.J. 1994. Evaluación en jaulas de digestibilidad de dos sistemas de alimentación para cabras lactantes utilizados en el Valle Central de Costa Rica. *In* Benavides, J.E. (ed.) Arboles y arbustos forrajeros en América Central. Turrialba, C.R., CATIE. V.1, p.257-281 (Serie Técnica. Informe Técnico No.236)
- FLORES, O.I. 1994. Caracterización y evaluación de follajes arbóreos para la alimentación de rumiantes en el departamento de Chiquimula, Guatemala. *In* Benavides, J.E. Arboles y arbustos forrajeros en América Central. Turrialba, C.R., CATIE. V1, p.117-133 (Serie Técnica. Informe Técnico No.236)
- FORBES, J.M.; REES, J.K.S.; BOAZ, T.G. 1967. Silage as a feed for pregnant ewes. *Animal Production* (G.B.) 9(3):399-408
- GLENN, B.P. 1990. Effects of dry matter concentration and ammonia treatment of Alfalfa silage on digestion and metabolism by heifers. *Journal of Dairy Science* (EE.UU.) 73(4):1081-1090
- GLOVER, N.; BREWBAKER, J.; CHEEKE, P.; HUGHES, C.; KASS, D.; KASS, M.; SEIBERT, B.; STEWART, J.; SUMBERG, J.; WIERSUM, F. 1989. *Gliricidia*, production and use. Hawaii, NFTA. 44 p.
- GOMEZ, M.A. 1990. Cambios en las características fermentativas y digestibilidad *in vitro* de la materia seca del ensilaje de mezclas de morera (*Morus alba*) y pejibaye (*Bactris gasipaes* H.B.K.). Tesis Ing. Agr. San José, C.R., UCR. 113 p.
- GOMEZ, M.E. 1993. El nacedero *Trichantera gigantea* una especie potencial en sistemas de producción integrados. *In* Seminario Centroamericano y del Caribe sobre Agroforestería y Rumiantes Menores (2, 1993, San José, C.R.) [Memorias] San José, C.R., INA. V.1, p.227-236
- GORDON, C.H.; DERBYSHIRE, J.C.; WISEMAN, H.G.; KANE, E.A.; MELIN, C.G. 1961. Preservation and feeding value of alfalfa stored as hay, haylage and direct-cut silage. *Journal of Dairy Science* (EE.UU.) 44:1299-1310
- GREENHILL, W.L. 1964. Plant juices in relation to silage fermentation. 3. Effect of water activity of juice. *Journal of the British Grassland Society* (G.B.) 19(3):336-339
- HENDERSON, A.R.; McDONALD, P.; WOOLFORD, M.K. 1972. Chemical changes and losses during the ensilage of wilted grass treated with formic acid. *Journal of the Science of Food and Agriculture* (G.B.) 23(9):1079-1087
- \_\_\_\_\_; MATTHEW J.; ROBERTSON, G.M. 1979. Studies on the aerobic stability of commercial silages. *Journal of the Science of Food and Agriculture* (G.B.) 30(3):223-228.

- HINTON, S.A.; WYLIE, C.E. 1940. Comparison of *Lespedeza sericea* silage, alfalfa silage, and corn silage for dairy cows. *Journal of Dairy Science* (EE.UU.) 23(6):564
- HOLDRIDGE, L.R. 1978. *Ecología basada en zonas de vida*. San José, C.R., IICA. 216p. (Serie: Libros y Materiales Educativos No.34)
- HONGO, F.; TAWATA, S. 1986. Reduction of mimosine in *Leucaena* by silage treatment. *Leucaena Research Report*. (EE.UU.) 7:85
- HUTCHINSON, K.J.; WILKINS, R.J. 1971. The voluntary intake of silage by sheep. *Journal of Agricultural Science*. (G.B.) 77(3):539-543
- IGLESIAS, J.M.; PEREIRA, E.; FERNADEZ, E. 1991. Utilización de cultivos temporales conservados en forma de ensilaje en sistema de secano para la producción de leche. *Pastos y Forrajes* (Cuba) 14(2):165-173.
- \_\_\_\_\_; REYES, F.; OJEDA, F.; DELGADO, R.; RIVERO, L. 1992. Valor nutritivo de un ensilaje mixto de maíz y Dolichos. *Pastos y Forrajes* (Cuba) 15(1):71-76.
- IMBS, B.G. 1943. Wild plants of the steppe zone as raw material for silage. *Sovhoz. Proizvodstvo*. No.8:43-44 [Stavropol Inst. Agric.] *In* CAB (Commonwealth Bureau of Pastures and Field Crops). 1949. The production and utilization of silage. A review of world literature abstracts. U.K. p.55-56 (Bulletin No.40)
- \_\_\_\_\_; SINICYN, A.M. 1939. The common wild herbage plants of the dry steppe and semi-desert as material for silage and sheep fodder. Symposium of scientific papers on feeding of sheep. Vorosilovsk. p.122-129 *In* CAB (Commonwealth Bureau of Pastures and Field Crops). 1949. The production and utilization of silage. A review of world literature abstracts. U.K. p.56 (Bulletin No.40)
- JACKSON, N.; FORBES, T.J. 1970. The voluntary intake by cattle of four silages differing in dry matter content. *Animal Production* (G.B.) 12(6):591-599.
- JEGOU, D.; WAELPUT, J.J.; BRUNSCHWIG, G. 1994. Consumo y digestibilidad de la materia seca y del nitrógeno del follaje de Morera (*Morus* sp.) y Amapola (*Malvaviscus arboreus*) en cabras lactantes. *In* Benavides, J.E. *Arboles y arbustos forrajeros en América Central*. Turrialba, C.R, CATIE. V1, p.155-162 (Serie Técnica. Informe Técnico No.236)
- JIMENEZ, C.; BOSCHINI, C. 1982. Fermentación anaeróbica de sustratos sólidos fibrosos para la alimentación animal (ensilaje). *In* Reunión sobre fermentaciones en sustratos sólidos. Tegucigalpa, Hond., ICAITI. 29 p. (mimeografiado.)
- JONES, G.M.; DONEFER, E.; JAVED, A.H.; GAUDREAU, J.M. 1971. Intake and digestibility by sheep of wilted Alfalfa-Timothy or corn silages ensiled at low and high dry matter levels. *Journal of Animal Science*. (EE.UU) 33(6):1315-1320

- JONES, R. 1993. Effect of inoculants and absorbents incorporated in grass silage on silage quality, effluent production and animal performance. *In* International Grassland Congress (17., 1993, Australia) Proceedings. Australia. V.1, p.597-598.
- KASS, M.; RODRIGUEZ, G. 1987. Preliminary studies on silage making from *Gliricidia sepium* (Madero negro). *In* Withington, D.; Glover, N.; Brewbaker, J. (eds.). *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp.: Management and improvement. Turrialba, C.R., CATIE/NFTA. p.201-204 (Special Publication 87-01)
- \_\_\_\_\_; DE LA FUENTE, B.; SANCHEZ, G. 1989. Composición química del ensilaje de poró (*Erythrina poeppigiana*) con diferentes niveles de king grass (*Pennisetum purpureum*) y melaza. *In* CATIE. *Erythrina* spp - Fase II. Informe técnico anual del Proyecto. Turrialba, C.R., IDRC/CRDI/CIID. p.61-65
- \_\_\_\_\_; SOLANO, R. 1992. Evaluación del consumo de follaje fresco y ensilado de madero negro (*Gliricidia sepium*), en cabras alimentadas con king grass (*Pennisetum purpureum* x *P. typhoides*) y banano verde (*Musa sapientum*). *In* CATIE/SAREC. Proyecto Arboles Fijadores de Nitrógeno: *Leucaena Calliandra*. Informe Anual 1992. Turrialba, C.R. p.146-147
- \_\_\_\_\_; RODRIGUEZ, G. 1993. Evaluación nutricional de alimentos. Turrialba, C.R., CATIE. 57 p. (mimeografiado)
- KEMBLE, A.R.; MacPHERSON, H.T. 1954. Liberation of amino acids in perennial rye grass during wilting. *Biochemical Journal* (EE.UU.) 58(1):46-49
- \_\_\_\_\_. 1956. Studies on the nitrogen metabolism of the ensilage process. *Journal of the Science of Food and Agriculture* (G.B.) 7(1):125-130
- LANGSTON, C.W.; IRVIN, H.; GORDON, C.H.; BOUMA, C.; WISEMAN, H.G.; MELIN, C.G.; MOORE, L.A.; McCALMONT, J.R. 1958. Microbiology and chemistry of grass silage. *USDA Technical Bulletin*. 1187p.
- Citado por:** Thomas, J.W. 1978. Preservatives for conserved forage crops. *Journal of Animal Science* (EE.UU) 47(3):721-735.
- \_\_\_\_\_; BOUMA, C.; CONNER, R.M. 1962a. Chemical and bacteriological changes in grass silage during the early stages of fermentation. 2. Bacteriological changes. *Journal of Dairy Science* (EE.UU.) 45:618-628.
- \_\_\_\_\_; WISEMAN, H.G.; GORDON, C.G.; JACOBSON, W.C.; MELIN, C.G.; MOORE, L.A. 1962b. Chemical and bacteriological changes in grass silage during the early stages of fermentation. 1. Chemical changes. *Journal of Dairy Science* (EE.UU.) 45:396-402.
- LANIGAN, G.W. 1961. Studies on ensilage. 1. A comparative laboratory study of molasses and sodium metabisulphite as aids to the conservation of lucerne. *Australian Journal of Agricultural Research* (Australia) 12(1):1023-1038.

- LAUBE, W.; WEISSBACH, F. 1964. Method for investigating silage and carrying out ensiling experiments. 3. Ensiling experiments in bags of plastic foil (en alemán). Z. landw. Vers.-u. UntersuchWes (Alemania) 10(2):155-168.
- LEE, S.B. 1989. Studies on wood for ruminant feedstuffs. 1. Chemical composition and fermentation characteristics of ammoniated woods silage. Korean Journal of Animal Sciences (Korea) 31(10):638-641
- LEIBENSPERGER, R.Y.; PITT, R.E. 1987. A model of Clostridial dominance in ensilage. Grass and Forage Science (G.B.) 42:297.
- LESLIE, F.; JOHNSTONE, H. 1982. Análisis moderno de los alimentos. Trad. por Justino Burgos. España, Acribia. 619 p.
- LITTLE, W.; MANSTON, R.; WILKINSON, J.I.D.; TARRANT, M.E. 1991. Some factors related to the voluntary intake of silage by individual dairy cows housed as a group during two winter-feeding periods. Animal Production (G.B.) 53(1):19-25.
- LOPEZ, J.V. 1989. Cinética de la fermentación en ensilajes del pasto elefante enano (*Pennisetum purpureum* Schum) cv. Mott con diferentes niveles de melaza como aditivo. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 79 p.
- LOPEZ, Z.G. 1993. Efecto de la poda y la fertilización orgánica sobre la producción y calidad nutritiva de amapola (*Malvaviscus arboreus*) y su utilización como suplemento en cabras lactantes. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 94 p.
- \_\_\_\_\_; BENAVIDES, J.E.; KASS, M.; FAUSTINO, J. 1994. Efecto de la suplementación con follaje de Amapola (*Malvaviscus arboreus*) sobre la producción de leche en cabras estabuladas. In Benavides, J.E. Arboles y arbustos forrajeros en América Central. Turrialba, C.R, CATIE. V1, p.321-339 (Serie Técnica. Informe Técnico No.236)
- LUIS, L.; RAMIREZ, M. 1985. Estudio de los principales grupos de microorganismos presentes en los ensilajes de pasto estrella jamaicano (*Cynodon nlenfluensis*) y su relación con los parámetros bioquímicos. Pastos y Forrajes (Cuba) 8(1):141-155.
- \_\_\_\_\_; RAMIREZ, M. 1986. Cinética de los principales grupos de microorganismos presentes en un ensilaje de Buffel formidable. Pastos y Forrajes (Cuba) 9(1):71-78.
- \_\_\_\_\_; RAMIREZ, M. 1988a. Estudio de algunos indicadores bioquímicos y microbiológicos en ensilaje de CRA-265. Pastos y Forrajes (Cuba) 11(1):88-93.
- \_\_\_\_\_; RAMIREZ, M. 1988b. Evolución de la flora microbiana en un ensilaje de king grass. Pastos y Forrajes (Cuba) 11(3):249-253.

- \_\_\_\_\_ ; RAMIREZ, M. 1989a. Análisis de los cambios ocurridos en ensilajes de king grass a nivel de laboratorio y de silos pilotos. *Pastos y Forrajes (Cuba)* 12(1):83-87.
- \_\_\_\_\_ ; RAMIREZ, M. 1989b. Efecto de la adición de azúcares sobre la flora microbiana de ensilaje de *Chloris gayana* cv. Callide. *Pastos y Forrajes (Cuba)* 12(3):279-283.
- \_\_\_\_\_ ; ESPERANCE, M.; RAMIREZ, M. 1991. Utilización de aditivos en la conservación de forrajes en forma de ensilaje. 1. Aditivos biológicos. *Pastos y Forrajes (Cuba)* 14(3):185-198.
- \_\_\_\_\_ ; ESPERANCE, M.; OJEDA, F.; CACERES, O.; SANTANA, H. 1992. Fermentación de ensilajes tropicales con la utilización de bacterias ácido lácticas aisladas en Cuba. *Pastos y Forrajes (Cuba)* 15(1):63-69.
- MARTINEZ, E. 1990. Pruebas preliminares de aceptación y consumo de especies con potencial forrajero de árboles y arbustos en fincas de productores. *In* Reunión Anual del Programa de Cabras del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (2., 1990, Puriscal, C.R.). Memorias. Turrialba, C.R., CATIE. p.irr.
- MAYMONE, B.; SBLENDARIO, A.; CECI-GINESTRELLI, D. 1949. Investigaciones sobre la composición química, digeribilidad y el valor nutritivo de las hojas y el ramón del olivo. *In* Rodríguez, C. 1949. Prados arbóreos. Madrid, Ministerio de Agricultura. p.181-185 (Manuales Técnicos (Series A y E) No.3)
- McCULLOUGH, M.E.; SISK, L.R.; SELL, O.E. 1960. Influence of preservatives on the fermentation, nutrient recovery, and feeding value of alfalfa, starr millet, and cowpea and sudan grass silages. *Journal of Dairy Science (EE.UU)* 43:1826-1832
- McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; MacGREGOR, A.W. 1968. Chemical changes and losses during the ensilage of wilted grass. *Journal of the Science of Food and Agriculture (G.B.)* 19(3):125-132.
- \_\_\_\_\_. 1976. Trends in silage making. *In* Microbiology in agriculture. Fisheries and food. Eds. F.A. Skinner and J.G. Carr, New York, Academic Press. 115 p.
- \_\_\_\_\_. 1981. The biochemistry of silage. U.K., J. Wiley. 226 p.
- MEDINA, J.M.; REYES, J.E. 1993. Consumo y ganancia de peso en caprinos jóvenes alimentados con follaje de guácimo (*Guazuma ulmifolia*) y fruto de jícaro (*Crescentia alata*). *In* Seminario Centroamericano y del Caribe sobre Agroforestería y Rumiantes Menores (2., 1993, San José, C.R.) [Memorias] San José, C.R., INA. V.2, p.28-37.
- \_\_\_\_\_. 1994. Observaciones sobre el consumo de follaje de guácimo (*Guazuma ulmifolia*), tigüilote (*Cordia dentata*) y pasto guinea (*Panicum maximum*) por cabras semi-estabuladas. *In* Benavides, J.E. (ed.). Árboles y arbustos forrajeros en América Central. Turrialba, C.R., CATIE. V.1, p.249-256 (Serie Técnica. Informe Técnico No.236)

- MEJIA, C.E.; VARGAS, J.E. 1993. Análisis de selectividad de ovejas africanas con cuatro tipos de forrajes. *Livestock Research for Rural Development* (Colombia) 5(3):37-41
- MEJICANOS, G.; ZILLER, J. 1994. Observaciones sobre la producción y calidad de la biomasa de Sauco Amarillo (*Sambucus canadensis*), Engorda Ganado (?), y Chompipe (*Bomarea hirtella*) en San Marcos, Guatemala. *In* Benavides, J.E. Árboles y arbustos forrajeros en América Central. Turrialba, C.R, CATIE. V1, p.171-180 (Serie Técnica. Informe Técnico No.236)
- MENDIZABAL, G.; MARROQUIN, F.; RIOS, E.; ARIAS, R.; BENAVIDES, J.E. 1994. Identificación y caracterización de plantas silvestres utilizadas en la alimentación de rumiantes en el Altiplano Occidental de Guatemala. *In* Benavides, J.E. Árboles y arbustos forrajeros en América Central. Turrialba, C.R, CATIE. V1, p.65-93 (Serie Técnica. Informe Técnico No.236)
- MILERA, M.; HERRERA, R. 1991. Efecto del suministro de ensilaje de Guinea Likoni (*Panicum maximum*) en diferentes dietas para la producción de leche. *Pastos y Forrajes* (Cuba) 14(1):69-75
- MILLER, W.J.; CLIFTON, C.M.; FOWLER, P.R.; GENTRY, R.P. 1967. Comparison of low moisture and unwilted coastal bermuda-grass silages for lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* (EE.UU.) 50(8):1262-1272.
- MINSON, D.J.; McLEOD, M.N. 1970. The digestibility of temperate and tropical grasses. *In* International Grassland Congress. (11., 1979, Australia) [Proceedings]. Australia. p.719-722.
- MORENO, A.H. 1977. Evaluación de ensilajes de pasto Panamá (*Saccharum sinense*) para la alimentación de vacas de doble propósito. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., UCR/CATIE. 98 p.
- \_\_\_\_\_. 1982. Fundamentos de la conservación de forrajes en los trópicos. Santo Domingo, R.D., S.E.A. 42 p.
- \_\_\_\_\_. 1989. Sistemas agroforestales con *Gliricidia sepium*. *In* Beer, J.W.; Fassbender, H.W.; Heuveldop, J. Avances en la investigación agroforestal. Turrialba, C.R., CATIE/GTZ. p. 214-221.
- MORRIS, J.G.; LEVITT, M.S. 1968. The intake and digestibility of silages made from *Dolichos lablab* L. alone or with *Sorghum* cv. sugardrip. *Animal Production* (G.B.) 7(?):78.
- MORTON, J.F. 1981. Atlas of medicinal plants of Middle America: Bahamas to Yucatan. Springfield, Illinois, Charles Thomas Publisher. 1420 p.
- MUCK, R.E. 1987. Dry matter level effects on alfalfa silage quality. 1. Nitrogen transformations. *Transactions of the ASAE* (EE.UU.) 30:7.
- \_\_\_\_\_. 1988. Factors influencing silage quality and their implications for management. *Journal of Dairy Science*. (EE.UU) 71(11):2992-3002.

- MUDD, J.A. 1979. Journee CAAA du 2 mars. p.102-118  
**Citado por:** Luis, L.; Ramírez, M. 1988. Evolución de la Flora microbiana en un ensilaje de king grass. Pastos y Forrajes (Cuba) 11(3):249-253.
- MURDOCH, J.C. 1960. The effect of pre-wilting herbage on the composition of silage and its intake by cows. Journal of the British Grassland Society (G.B.) 15(1):70-73.
- \_\_\_\_\_. 1964. Some factors affecting the intake of roughage by sheep. Journal of the British Grassland Society (G.B.) 19(3):316-320.
- \_\_\_\_\_. 1965. The effect of length of silage on its voluntary intake by cattle. Journal of the British Grassland Society (G.B.) 20(1):54-58.
- NITIS, I.M.; LANA, K.; SUARNA, M.; SUKANTEN, W.; PUTRA, S.; TIJATERA, W. 1986. Three strata forage system for cattle feeds and feeding in dryland farming area in Bali. 3rd year progress report. International Development Research Centre. Ottawa, Ont. Can. 197 p.  
**Citado por:** Lana, K.; Nitis, I.M.; Suarna, M.; Putra, S.; Sukanten, W. 1990. Research protocols appropriate to the development of methodology for the three-strata forage system. In Devendra, C. Shrubs and tree feeders for farm animals. (1989, Denpasar, Indonesia) [Proceedings] Canadá, IDRC. p. 108-117
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 1981. Nutrient requirements of goats: angora, dairy, and meat goats in temperate and tropical countries. Washington, D.C., National Academic Press. 91 p.
- OAKES, A.J.; SKOV, O. 1962. Some woody legumes as forage crops for the dry tropics. Tropical Agriculture (Trinidad) 39(4):281-287.
- OHYAMA, Y.; MORICHI, T.; MASAKI, S. 1975. The effect of inoculation with *Lactobacillus plantarum* and addition of glucose at ensiling on the quality of aerated silages. Journal of the Science of Food and Agriculture (G.B.) 26(7):1001-1008.
- OJEDA, F.; FERNANDEZ, R.; CAÑIZARES, F. 1980. Edad de rebrote y nivel de miel sobre los patrones fermentativos de la hierba Guinea cv. Likoni. Pastos y Forrajes (Cuba) 3(3):481-502.
- \_\_\_\_\_. 1986. Estudio de los aditivos químicos para la conservación como ensilajes de cuatro gramíneas tropicales. Ph.D. Thesis. Matanzas, Cuba, Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey". 224 p.
- \_\_\_\_\_; ESPERANCE, M.; LUIS, L. 1987. Ensilajes de pastos tropicales. Pastos y Forrajes (Cuba) 10(3):189-198.
- \_\_\_\_\_. 1988. Valor nutritivo de forrajes tropicales conservados como ensilajes. Pastos y Forrajes (Cuba) 11(3):199-205.
- \_\_\_\_\_; ESPERANCE, M.; DIAZ, D. 1990a. Mezclas de gramíneas y leguminosas para mejorar el valor nutritivo de los ensilajes tropicales. 1. Utilización del dolichos (*Lablab purpureus*, L. Sweet). Pastos y Forrajes (Cuba) 13(2):189-196.

- \_\_\_\_\_ ; CACERES, O.; DIAZ, D. 1990b. Estudio del *Andropogon gayanus* conservado como ensilaje. Pastos y Forrajes (Cuba) 13(3):293-297.
- \_\_\_\_\_. 1991. Utilización de ensilajes tropicales para la producción de leche. In Nutrición y alimentación de vacas lecheras en el trópico. Maracaibo, Venezuela, Universidad de Zulia.
- \_\_\_\_\_ ; DIAZ, D. 1991. Ensilaje de gramíneas y leguminosas para la producción de leche. 1. *Panicum maximum* cv. Likoni y *Lablab purpureus* cv. Rongai. Pastos y Forrajes (Cuba) 14(2):175-184.
- \_\_\_\_\_ ; CACERES, O.; ESPERANCE, M. 1991. Conservación de forrajes. Cuba, Editorial Pueblo y Educación. 80 p.
- \_\_\_\_\_ ; DIAZ, D. 1992. Estudio de diferentes proporciones de sorgo y Dolichos ensilados con y sin preservantes. Pastos y Forrajes (Cuba) 15(1):77-87.
- \_\_\_\_\_ ; DIAZ, D.; JACOME, I. 1992a. Efecto de la edad y la fertilización sobre la calidad fermentativa de los ensilajes tropicales. 1. Hierba de Guinea cv. Likoni. Pastos y Forrajes (Cuba) 15(2):164-174.
- \_\_\_\_\_ ; ESPERANCE, M.; CACERES, O. 1992b. Conservación y valor nutritivo de los pastos y forrajes tropicales. In Fomento y explotación de los pastos tropicales. Compendio de conferencias. Matanzas, Cuba, Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey". p.71-82
- \_\_\_\_\_ ; LUIS, L.; RUZ, F. 1993. Evaluación de tres ensilajes para la producción de leche. Pastos y Forrajes (Cuba) 16(1):81-92.
- OLAVE, M.; CASTELLAR, N. 1987. Determinación de la calidad nutricional del forraje de soya (*Glycine max* L. Merr), previamente conservado mediante ensilaje y henificación. Acta Agronómica (Colombia) 37(1):66-79.
- ORTH, A.; KAUFMANN, W. 1966. Zur wirkung von bicarbonat auf die Futteraufnahme bei Milchkühen. Zeitsch. Tierphysiol. Tierernährg Futtermittelkde (Alemania) 21:350  
**Citado por:** Wernli, C. 1975. El valor nutritivo de los forrajes ensilados. 1. Consumo voluntario. Agricultura Técnica (Chile) 35(1):47-60.
- ORTIGAS, R.Z. 1956. The nutritive value and palatability of combinations of corn and madre de cacao (*Gliricidia sepium* Steud.) silage. Philippine Agriculturist (Filipinas) 60:171-177.
- OTERO, J. de R. 1952. Informacoes sobre algunas plantas forrageiras. Rio de Janeiro, Bra., Diretoria de Estatistica da Producao.  
**Citado por:** Skerman, P.J.; Cameron, D.G.; Riveros, F. 1991. Leguminosas forrajeras tropicales. Roma, FAO. 707 p. (Colección FAO: Producción y protección vegetal no.2)
- PAPADOPOULOS, Y.A.; McKERSIE, B.D. 1983. A comparison of protein degradation during wilting and ensiling of six forage species. Canadian Journal of Plant Science (Canadá) 63(4):903-912.

- PEZO, D. 1981. Ensilajes de forrajes tropicales. *In* Producción y utilización de forrajes en el trópico. Compendio. Turrialba, C.R., CATIE. p.141-154 (Serie Materiales de Enseñanza no.10)
- \_\_\_\_\_; KASS, M.; BENAVIDES, J.; ROMERO, F.; CHAVES, C. 1990. Potential of legume tree fodders as animal feed in Central America. *In* Devendra, C. Shrubs and tree fooders for farm animals. (1989,, Denpasar, Indonesia) [Proceedings] Canadá, IDRC. p.163-175.
- PLATEN, H. VON; RODRIGUEZ, G.; LAGEMANN, J. 1982. Sistemas de finca en Acosta-Puriscal, Costa Rica. Turrialba, C.R., CATIE. p.24-28.
- PLAYNE, M.J. 1963. Buffering capacity of sweet sorghum: the effects of nitrogen content, growth stage and ensilage. *Journal of the Science of Food and Agriculture (G.B.)* 14:495-498.
- \_\_\_\_\_; McDONALD, P. 1966. The buffering constituents of herbage and of silage. *Journal of the Science of Food and Agriculture (G.B.)* 17:264-268.
- PREMASIRI, H.P. 1988. Some observations on feeding urea-treated stunting orchard hay and willow silage to growing Jersey crossbreed calves in Bhutan. *Bhutan Journal of Animal Husbandry. (Bhutan)* 10:34-39  
**Citado por:** Roder, W. 1992. Experiences with tree fodders in temperate regions of Bhutan. *Agroforestry Systems (Holanda)* 17(3):263-270.
- REVILLA, A. 1982. Tecnología de la leche. Procesamiento, manufactura y análisis. 2 ed. San José, C.R., IICA. 399 p. (Serie de Libros y Materiales Educativos, No.53)
- REYES, E.; MEDINA, J.M. 1994. Comportamiento alimenticio de cabras pastoreando y ramoneando en un sitio de matorral de la zona Sur de Honduras. *In* Benavides, J.E. Arboles y arbustos forrajeros en América Central. Turrialba, C.R, CATIE. V1, p.135-145 (Serie Técnica. Informe Técnico No.236)
- RODRIGÁÑEZ, C. 1949. Prados arbóreos. Madrid, Ministerio de Agricultura. 187 p. (Manuales Técnicos (Series A y E) No.3)
- RODRIGUEZ, Z. 1989. Producción de leche de cabras alimentadas con dos especies de leguminosas forrajeras arbóreas: poró (*Erythrina poeppigiana*) y madero negro (*Gliricidia sepium*) suplementadas con plátano pelipita (*Musa sp. cv. "Pelipita"*). Tesis Ing. Agr. San José, C.R., UCR. 75 p.
- \_\_\_\_\_; BENAVIDES, J.E.; CHAVES, C.; SANCHEZ, G. 1994. Producción de leche de cabras alimentadas con follaje de Madero Negro (*Gliricidia sepium*) y Poró (*Erythrina poeppigiana*) y suplementadas con fruto de Plátano Pelipita (*Musa sp. cv Pelipita*). *In* Benavides, J.E. Arboles y arbustos forrajeros en América Central. Turrialba, C.R, CATIE. V1, p.295-303 (Serie Técnica. Informe Técnico No.236)

- ROJAS, A.; CHAVES, A.; AGUIRRE, D. 1993. Características nutricionales y fermentativas de ensilajes de mezclas de forraje king-grass (*Pennisetum purpureum*) y pulpa de fruto integral de pejibaye (*Bactris gasipaes*, H.B.K.). In Congreso Internacional sobre biología, agronomía e industrialización del pijuayo (4, 1991, Iquitos, Perú) [Memorias] Eds. J.Mora; L.T.Szott; M.Murillo; V.M.Patiño. San José, C.R., UCR. p. 469-480
- ROJAS, H.; BENAVIDES, J.E. 1994. Producción de leche de cabras alimentadas con pasto y suplementadas con altos niveles de Morera (*Morus sp.*) In Benavides, J.E. (ed.) Arboles y arbustos forrajeros en América Central. Turrialba, C.R., CATIE. V.1, p.305-320 (Serie Técnica, Informe Técnico No.236)
- ROSAS, H.; QUINTERO, S.; GOMEZ, J. 1980. Mimosine disappearance in arboreus Leucaena silage. *Leucaena Newsletter* (Hawaii) 1:17.
- RUILOBA, E.; RUIZ, M.E.; RUILOBA, M.H. 1980a. Adiciones de melaza y urea en ensilajes de pasto Elefante Panamá (*Pennisetum purpureum* PI 300-086). *Ciencia Agropecuaria* (Panamá) 3:95-104.
- \_\_\_\_\_; RUIZ, M.E.; RUILOBA, M.H.; GUERRA, A. 1980b. Producción de leche con ensilaje de pasto Elefante Panamá (*Pennisetum purpureum* PI 300-086) *Ciencia Agropecuaria* (Panamá) 3:105-112.
- RUIZ, R.; CAIRO, J.; RUBIO, R.; REYES, I. 1987. Valor nutritivo y dinámica de la fermentación de Pangola ensilada al vacío. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* (Cuba) 21(2):181-188.
- RUXTON, I.B.; McDONALD, P. 1974. The influence of oxygen on ensilage. 1. Laboratory studies. *Journal of the Science of Food and Agriculture* (G.B.) 25(1):107-115.
- SALSBURY, R.L.; MATHER, R.E.; BENDER, C.B. 1949. Various carbohydrate as energy sources for some mixed cultures of silage organisms. *Journal of Dairy Science* (EE.UU.) 32(11):901-906.
- SAMUR, C. 1984. Producción de leche de cabra alimentadas con king-grass (*Pennisetum purpureum* x *P. typhoides*) y poró (*Erythrina poeppigiana*), suplementadas con fruto de banano (*Musa* sp. cv. "Cavendish"). Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., UCR/CATIE. 108 p.
- SARRIA, P. 1994. Efecto del Nacedero (*Trichanthera gigantea*) como reemplazo parcial de la soya en cerdas en gestación y lactancia. *Livestock Research for Rural Development* (Colombia) 6(1):62-73.
- SAS INSTITUTE INC. 1989. Sistema de análisis estadísticos: Programa y manual de uso. Versión 6.06.01. Carolina del Norte.
- SAUVANT, D.; GOUET, P. 1979. Les relations entre les processus fermentaires: consequence pour l'apreciation quantitative de la qualité de la conservation. In La conservation des ensilages. Journée Cycle Approfondie d'Alimentation Animale. INA. (Paris) p.41

- SIEBALD, E.; GOIC, L.; NAVARRO, H.; MATZNER, M. 1988. Ensilaje de avena en engorda de novillos: niveles de suplementación energética y fuentes de proteína. *Agricultura Técnica (Chile)* 48(1):28-32.
- SINN, R. 1983. Crianza de cabras para leche y carne. Curso de capacitación. Arkansas, Heifer Project International. 110 p.
- SKERMAN, P.J.; CAMERON, D.G.; RIVEROS, F. 1991. Leguminosas forrajeras tropicales. Roma, FAO. 707 p. (Colección FAO: Producción y protección vegetal no.2)
- \_\_\_\_\_; RIVEROS, F. 1992. Gramíneas tropicales. Roma, FAO. 849 p. (Colección FAO: Producción y protección vegetal)
- STAPLES, C.R.; FERNANDO, R.L.; FAHEY, G.C.; BERGER, L.L.; JASTER, E.H. 1985. Effects of nutrient additives and sodium hydroxide on ensiling characteristics and *in vitro* fiber digestion kinetics of dairy cattle waste-energy feedstuff mixtures. *Journal of Dairy Science (EE.UU.)* 68(6):1390-1400
- STOKES, M.R.; CHEN, J. 1991. Effects of a molasses-based silage preservative on fermentation and nutritive value of haycrop silage. *Journal of Dairy Science (EE.UU)* 74(Suppl.1):314
- SUPELCO. 1994a. Gas chromatography analysis of lactic acid in the presence of other volatile free acids. Pennsylvania. 2 p.
- \_\_\_\_\_. 1994b. Analyzing lactic acid in the presence of other short chain free acids. Pennsylvania. 1 p.
- THOMAS, J.W. 1978. Preservatives for conserved forage crops. *Journal of Animal Science (EE.UU)* 47(3):721-735.
- UMAÑA, R.; STAPLES, C.R.; BATES, D.B.; WILCOX, C.J.; MAHANNA, W.C. 1991. Effects of a microbial inoculant and(or) sugarcane molasses on the fermentation, aerobic stability, and digestibility fo Bermudagrass ensiled at two moisture contents. *Journal of Animal Science (EE.UU)* 69(11):4588-4601.
- VALENZUELA, G.A. 1989. Caracterización nutritiva y digestibilidad in vitro del ensilaje de mezclas de poró (*Erythrina berteroana* Urb.) y pejibaye (*Bactris gasipaes* H.B.K.). Tesis Lic. Heredia, C.R., Universidad Nacional. 95 p.
- VALLEJO, M.A. 1993. Caracterización bromatológica de árboles y arbustos forrajeros. Informe final: Curso de evaluación nutricional de alimentos. Turrialba, C.R., CATIE. p. irr.
- \_\_\_\_\_; ESQUIVEL, J.O. 1993. Consumo de ensilajes de árboles y arbustos por cabras. Resultados preliminares. *In* Seminario Centroamericano y del Caribe sobre Agroforestería y Rumiantes Menores (2, 1993, San José, C.R.) [Memorias] San José, C.R., INA. V.2, p.19-28.

- \_\_\_\_\_; LAPOYADE, N.; BENAVIDES, J.E. 1994a. Evaluación de la aceptabilidad de forrajes arbóreos por cabras estabuladas en Puriscal, Costa Rica. *In* Benavides, J.E. (ed.) Arboles y arbustos forrajeros en América Central. Turrialba, C.R., CATIE. V.1, p.237-248 (Serie Técnica, Informe Técnico No.236)
- \_\_\_\_\_; BENAVIDES, J.E.; ESQUIVEL, J.O. 1994b. Observaciones sobre el consumo de ensilaje de follaje de árboles y arbustos por cabras. *In* Benavides, J.E. (ed.) Arboles y arbustos forrajeros en América Central. Turrialba, C.R., CATIE. V.1, p.401-414 (Serie Técnica, Informe Técnico No.236)
- VAN SOEST, P.J. 1983. Nutritional ecology of the ruminant. Oregon, O & B Books. p.139-153
- VARGAS, H.; ELVIRA, P. 1994. Composición química, digestibilidad y consumo de *Leucaena* (*Leucaena leucocephala*), madre de cacao (*Gliricidia sepium*) y caulote (*Guazuma ulmifolia*). *In* Benavides, J.E. (ed.). Arboles y arbustos forrajeros en América Central. Turrialba, C.R., CATIE. V.1, p.393-400 (Serie Técnica, Informe Técnico No.236)
- VARGAS, J.E. 1993. Efecto de tres follajes arbóreos sobre el consumo voluntario y algunos parámetros de funcionamiento ruminal en ovejas africanas. *Livestock Research for Rural Development* (Colombia) 5(3):42-46.
- VELAZQUEZ, C.M.; GUTIERREZ, M.A.; ARIAS, R.; RODRIGUEZ, C. 1994. El forraje de morera (*Morus* sp.) como suplemento en dietas a base de ensilado de sorgo (*Sorghum bicolor* x *S. sudanense*) para novillos. *In* Benavides, J.E. (ed.). Arboles y arbustos forrajeros en América Central. Turrialba, C.R., CATIE. V.1, p.377-392 (Serie Técnica, Informe Técnico No.236)
- VILELA, D.; RODDEN, B.; SILVA E OLIVEIRA, J. 1983. Avaliacao da silagem de capim-elefante, acondicionada a vacuo en silos de superficie, utilizando-se novilhas em sistema de auto-alimentacao. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* (Brasil) 18(6):663-673.
- VOSS, N. 1966. Amines and ammonia as products of protein decomposition in silage. *In* International Grasslands Congress (10, 1966, Helsinki) [Proceedings]. Finland. p. 540-546
- WALTERNE-ILLES, V. 1985. Use of forest byproducts for feeding of game. *Erdeszeti es Faipari Tudomanyos Kozlomenyek* (Hungria) no.2:239-242.
- WEISSBACH, F.; SCHMIDT, L.; HEIN, E. 1974. Method of anticipation the run of fermentation in silage making, based on the chemical composition of green fodder. *In* International Grassland Congress. Sectional papers: "Drainage and irrigation of grasslands" and "Techniques and forage conservation and storage" (12., Moscú, U.R.S.S., 1974) [Proceedings] p. 226-236
- WERNLI, C. 1975. El valor nutritivo de los forrajes ensilados. 1. Consumo voluntario. *Agricultura Técnica* (Chile) 35(1):47-60.

- \_\_\_\_\_; OJEDA, F. 1990. Metodologías para investigaciones sobre conservación y utilización de ensilajes. *In* Ruiz, M.E.; Ruiz, A. Nutrición de rumiantes: Guía metodológica de investigación. San José, C.R., ALPA/RISPAL. p. 179-218
- WHITTENBURY, R.; McDONALD, P.; BRYAN-JONES, D.G. 1967. A short review of some biochemical and microbiological aspects of ensilage. *Journal of the Science of Food and Agriculture (G.B.)* 18:441-444.
- WIERINGA, G.W. 1957. The effect of wilting on butyric acid formation in silage. *Netherland Journal of Agricultural Science (Holanda)* 6(1):204-210.
- \_\_\_\_\_. 1966. The influence of nitrate on silage fermentation. *In* International Grasslands Congress (10, 1966, Helsinki) [Proceedings]. Finland. p. 537-540
- \_\_\_\_\_. 1969. Influence of moisture and nutrient content of forage plants on fermentation processes. *In* Crop Conservation and Grassland Proc. Gen. Mtg. Eur. Grassl. Fed., 3rd. Braunschweig. p. 133-137  
**Citado por:** Muck, R.E. 1988. Factors influencing silage quality and their implications for management. *Journal of Dairy Science (EE.UU.)* 71(11):2992-3002.
- \_\_\_\_\_. 1977. Influence of moisture and nutrient content of forage plants on fermentation processes. *Proc. Int. Meeting on Anim. Prod. for Temp. Grassld. Dublin.* p. 133-136  
**Citado por:** Luis, L.; Ramírez, M. 1988b. Evolución de la flora microbiana en un ensilaje de King Grass. *Pastos y Forrajes (Cuba)* 11(3):249-253.
- WILKINS, R. 1986. The ensiling of grass: effects of wilting and additives. In PROCISUR Conference of "Forage Conservation Strategies". Chile. 9 p.  
**Citado por:** Elizalde, H.F.; González, M.; Hargreaves, A.; Dumont, J.C.; Lanuza, F.; Castrileo, A.; Mansilla, A.; Klein, F.; Hiriart, M. 1990. Prospección sobre la calidad de los forrajes conservados como ensilaje, en la zona Sur. *Agricultura Técnica (Chile)* 50(1):83-88).
- WILKINS, R.J.; HUTCHINSON, K.J.; WILSON, R.F.; HARRIS, C.E. 1971. The voluntary intake of silage by sheep. 1. Interrelationships between silage composition and intake. *The Journal of Agricultural Science (G.B.)* 77(3):531-537.
- WILSON, R.F.; WILKINS, R.J. 1973. Formic acid as a silage additive for wet crops of cocksfoot and lucerne. *Journal of Agricultural Science (G.B.)* 80(2):225-231.

# ANEXO 1

## METODOLOGIA PARA ANALISIS DE ACIDOS GRASOS VOLATILES

### 1.- MATERIALES Y EQUIPO

- Cromatógrafo de gases
- Jeringas para cromatografía
- Columnas de vidrio
- Gases (nitrógeno, hidrógeno, aire)
- Pipetas de 9 ml
- Filtros de membrana de nylon
- Jeringuillas de 10 ml
- Viales de 5 ml

### 2.- REACTIVOS Y SOLUCIONES

- Acido trimetilacético (piválico)
  - Acido oxálico
  - Acido acético
  - Acido propiónico
  - Acido -butírico
  - Acido láctico
  - Acido n-valérico
  - Acido iso-valérico
  - Acido iso-butírico
- Las soluciones de los patrones fueron preparadas de acuerdo a las concentraciones esperadas

### 3.- PROCEDIMIENTO

1. Descongelar las muestras
2. Agitar para homogenizar la muestra
3. Centrifugar 13 ml a 3000 rpm, durante 10 minutos
4. Tomar una alícuota de 9 ml del sobrenadante y colocarla en un vial
5. Agregar 0.9 ml de ácido oxálico y 0.1 ml de ácido trimetilacético (estándar interno)
6. Con una jeringa desechable de 10 ml, tomar una alícuota de 5 ml
7. Pasar la alícuota lentamente por un filtro de membrana de nylon
8. Rápidamente inyectar 2 microlitros en el cromatógrafo
9. El tiempo de recorrido por muestra debe ser de 25 minutos

## ANEXO 2

Cuadro 1A. Resumen del ANDEVA del contenido de materia seca (% MS) especie

Fuente de variación	Especie							
	Chicasquill	Morera	Sauco	Jocote	Tora blanca	Guacimo	Amapola	Nacedero
Tipo	**	**	**	**	**	**	**	**
Aditivo	*	N.S	**	T (0.0909)	N.S	**	**	**
Tipo*aditivo	**	N.S	*	**	*	N.S	T (0.0579)	N.S
R2	0.994	0.9968	0.9982	0.9981	0.9966	0.998	0.997	0.9902
C.V. (%)	3.96	2.39	2.06	2.27	2.87	2.36	3.08	3.61

Cuadro 2A. Resumen del ANDEVA de la digestibilidad in vitro de la materia seca (% DIVMS) por especie

Fuente de variación	Especie							
	Chicasquill	Morera	Sauco	Jocote	Tora blanca	Guacimo	Naceder	Amapola
Tipo	T (0.0876)	*	**	**	**	T (0.0555)	**	**
Aditivo	*	N.S	*	**	N.S	**	**	**
Tipo*aditivo	N.S	N.S	**	N.S	*	N.S	**	N.S
R2	0.732	0.7896	0.9369	0.9711	0.9173	0.8836	0.9889	0.933
C.V. (%)	1.88	2.47	1.59	2.18	1.1	4.77	1.24	3.07

Cuadro 3A. Resumen del ANDEVA de la proteína cruda (% PC) por especie

Fuente de variación	Especie							
	Chicasquill	Morera	Sauco	Jocote	Tora blanca	Guacimo	Amapola	Nacedero
Tipo	N.S	**	N.S	N.S	**	**	**	**
Aditivo	*	T (0.0806)	N.S	N.S	**	T (0.0741)	N.S	*
Tipo*aditivo	**	N.S	N.S	*	*	**	*	N.S
R2	0.8998	0.8798	0.4097	0.7524	0.9361	0.8991	0.975	0.98
C.V. (%)	3.04	3.31	4.07	2.6	3.54	3.46	4.32	1.67

Cuadro 4A. Resumen del ANDEVA del contenido de productos amoniacales con respecto al nitrógeno total (% NH<sub>3</sub>-NT) por especie

Fuente de variación	Especie							
	Chicasquill	Morera	Sauco	Jocote	Tora blanca	Guacimo	Amapola	Nacedero
Tipo	**	**	**	**	**	T (0.0613)	**	**
Aditivo	**	**	**	*	**	*	T (0.0535)	**
Tipo*aditivo	*	**	*	N.S	**	**	*	**
R <sup>2</sup>	0.953	0.9963	0.9961	0.978	0.9717	0.8355	0.986	0.9979
C.V. (%)	20.75	7.97	5.68	10.9	8.34	26.85	8.08	6.31

Cuadro 5A. Resumen del ANDEVA de la acidez (pH) por especie

Fuente de variación	Especie							
	Chicasquill	Morera	Sauco	Jocote	Tora blanca	Guacimo	Amapola	Nacedero
Tipo	**	**	-	T (0.0805)	**	**	-	**
Aditivo	**	**	-	**	**	**	-	**
Tipo*aditivo	**	N.S	-	T (0.0805)	**	**	-	**
R <sup>2</sup>	0.9258	0.8662	1	0.75	0.9927	0.9788	1	0.9837
C.V. (%)	1.87	2.92	0	2.11	1.06	2.176	0	2.15

Cuadro 6A. Resumen del ANDEVA del ácido acético por especie

Fuente de variación	Especie							
	Chicasquill	Morera	Sauco	Jocote	Tora blanca	Guacimo	Amapola	Nacedero
Tipo	**	**	**	**	*	N.S	**	**
Aditivo	N.S	N.S	*	N.S	**	*	N.S	N.S
Tipo*aditivo	*	N.S	N.S	**	**	N.S	**	N.S
R <sup>2</sup>	0.9529	0.9923	0.9622	0.9955	0.9483	0.7721	0.9715	0.9212
C.V. (%)	18.12	12.21	17.08	7.14	14.98	38.78	11.77	33.58

Cuadro 7A Resumen del ANDEVA del ácido butírico por especie

Fuente de variación	Especie							
	Chicasquill	Morera	Sauco	Jocote	Tora blanca	Guacimo	Amapola	Nacadero
Tipo	0	**	0	0	**	0	**	**
Aditivo	0	**	0	0	**	0	**	*
Tipo*aditivo	0	**	0	0	**	0	**	*
R2	0	0.9786	0	0	0.9943	0	0.9733	0.9474
C.V. (%)	-	39.29	-	-	20.21	-	41.57	38.53

Cuadro 8A Resumen del ANDEVA del ácido láctico por especie

Fuente de variación	Especie							
	Chicasquill	Morera	Sauco	Jocote	Tora blanca	Guacimo	Amapola	Nacadero
Tipo	**	**	**	**	**	*	**	*
Aditivo	**	**	**	**	**	N.S	**	**
Tipo*aditivo	**	N.S	*	*	**	N.S	**	**
R2	0.9779	0.9707	0.9613	0.9706	0.9926	0.8413	0.9899	0.9361
C.V. (%)	18.12	16.44	17.54	16.05	7.04	62.55	15.39	44.42

Cuadro 9A Resumen del ANDEVA de la calificación total de los indicadores organolépticos (% TOTAL) por especie

Fuente de variación	Especie							
	Chicasquill	Morera	Sauco	Jocote	Tora blanca	Guacimo	Amapola	Nacadero
Tipo	N.S	-	*	-	**	*	**	-
Aditivo	N.S	-	*	-	*	N.S	N.S	-
Tipo*aditivo	N.S	-	N.S	-	**	N.S	**	-
R2	0.25	1	0.6453	1	0.9526	0.4781	0.994	0
C.V. (%)	4.23	0	5.62	0	2.56	12.44	3.25	0

Cuadro 10A. Resumen del ANDEVA del consumo de materia seca (% MS)

Fuente de variación	MS (g)	MSD (g)	ED (Mcal)	ED/kg MS	PC (g)	MS/%PV	MS/P0.75
Grupo	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Periodo	n.s.	n.s.	n.s.	T(0.0573)	n.s.	n.s.	n.s.
Cabra(grupo)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	T(0.0544)	n.s.	n.s.
Especie	*	**	**	**	**	*	*
Grupo*especie	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
R2	0.8203	0.8704	0.8702	0.8595	0.9129	0.7538	0.7696
C.V.	19.4554	20.9336	20.9418	9.8044	13.4069	20.3892	20.1011

Cuadro 11A. ANDEVA resumen de variables de seleccion

Fuente de variación	% DIVMS CONS	% DIVCO-DIVMS O	% PC CONS	% PCCO-% PC OF	ED/kgMS - ED OF
Grupo	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Periodo	T(0.0580)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Cabra(grupo)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Especie	**	n.s.	*	*	n.s.
Grupo*especie	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
R2	0.8586	0.4479	0.8070	0.8056	0.4536
C.V.	9.8007	83.7752	10.3187	50.2631	83.1893

Cuadro 12A. ANDEVA resumen de variables de rechazo.

Fuente de variación	% RE MS/MS OF	% RE MS/MSD OF	% RE M/MS OF	% RE PC/PC OF	% ED RE
Grupo	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Periodo	n.s.	n.s.	T(0.0689)	*	n.s.
Cabra(grupo)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Especie	*	*	n.s.	n.s.	n.s.
Grupo*especie	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
R2	0.7746	0.8060	0.7703	0.7360	0.2874
C.V.	22.8345	21.2111	22.3597	27.0179	10.4593

Cuadro 13A ANDEVA resumen de variables de producción de leche

Fuente de variación	LECHE (kg)	PROTEIN (g)	GRASA (g)	SOLIDOS TOT. (g)
Grupo	n s	n s	n s	n s
Periodo	n s	n s	n s	n s
Cabra(grupo)	n s	T(0.0788)	n s	n s
Especie	T(0.0583)	T(0.0637)	T(0.0609)	n s
Grupo*especie	n s	n s	n s	n s
R2	0.7441	0.8026	0.8012	0.7483
C.V.	22.0122	19.6819	28.7917	23.2955

Cuadro 14A ANDEVA resumen de calidad de leche

Fuente de variación	PROTEINA (%)	GRASA (%)	SOLIDO TOT. (%)	ACIDEZ TITULAB.
Grupo	n s	n s	n s	*
Periodo	n s	n s	n s	T(0.0822)
Cabra(grupo)	T(0.0950)	n s	T(0.0536)	**
Especie	n s	n s	n s	n s
Grupo*especie	n s	T(0.0931)	n s	n s
R2	0.7964	0.7348	0.8212	0.9505
C.V.	8.2251	19.2875	6.1393	5.4168

Cuadro 15A ANDEVA resumen de eficiencia de uso de nutrientes por kilogramo de leche

Fuente de variación	CON MS TOT/kg lac	CON PC TOT/kg le	CON ED TOT/kg lac
Grupo	n s	*	*
Periodo	n s	n s	n s
Cabra(grupo)	n s	T(0.0861)	n s
Especie	n s	T(0.0504)	*
Grupo*especie	n s	n s	n s
R2	0.6177	0.8521	0.8818
C.V.	20.3533	12.0574	12.7772