

**UNIVERSIDAD DE PANAMÁ  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
ESCUELA DE CIENCIAS PECUARIAS**

**EFFECTO DE NIVELES DE MELAZA SOBRE LAS  
CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES Y FERMENTATIVAS  
DEL ENSILADO DE MANÍ FORRAJERO**

**LINETH ALINA DE GRACIA CASTILLO  
4-718- 458**

**DAVID, CHIRIQUÍ  
REPÚBLICA DE PANAMÁ**

**2008**

**EFFECTO DE NIVELES DE MELAZA SOBRE LAS  
CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES Y FERMENTATIVAS  
DEL ENSILADO DE MANÍ FORRAJERO**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN SOMETIDO PARA OPTAR POR EL  
TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA CON  
ORIENTACIÓN EN PRODUCCIÓN ANIMAL**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
ESCUELA DE CIENCIAS PECUARIAS**

**PERMISO PARA SU PUBLICACIÓN, REPRODUCCIÓN TOTAL O  
PARCIAL DEBE SER OBTENIDO EN LA FACULTAD DE  
CIENCIAS AGROPECUARIAS.**

**APROBADO:**

**ING. RUBÉN RÍOS, M.Sc.**

\_\_\_\_\_  
**DIRECTOR**

**ING. PEDRO GUERRA, M.Sc.**

\_\_\_\_\_  
**ASESOR**

**ING. AUDINO MELGAR, M.Sc.**

\_\_\_\_\_  
**ASESOR**

**DAVID, CHIRIQUÍ**

**REPÚBLICA DE PANAMÁ**

**2008**

## **AGRADECIMIENTO**

Deseo agradecer a Dios principalmente por haberme dado la fortaleza, entusiasmo y sabiduría necesaria para llevar a cabo este trabajo de tesis.

A todos los miembros del comité de revisión. Al Ing. Ruben Ríos director de este trabajo de graduación por su apoyo y aporte en esta investigación, como al Ing. Audino Melgar por brindarme todos sus consejos y tiempo para lograr con éxito este trabajo y al Ing. Pedro Guerra por sus conocimientos y asesoría en los análisis estadísticos de los ensayos.

A la Estación Experimental “Carlos M. Ortega” de Gualaca del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), por haberme puesto a disposición sus instalaciones necesarias para que el proyecto se realizará y llegara a feliz término. Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a todos los que trabajan en esta estación, al Ing. Carlos Saldaña, a los administrativos, a Evelyn y Selin, al personal de campo, quienes en todo momento estuvieron anuentes a colaborar y brindarme toda la ayuda necesaria.

A los analistas del Laboratorio de Bromatología al Sr. Ulises Barroso y Milagros De Gracia y muy especialmente al Ing. Audino Melgar por su apoyo, gentileza y buena voluntad para el desarrollo de los análisis de laboratorio de los experimentos realizados.

## **DEDICATORIA**

Con mucho amor, dedico este trabajo de graduación a mi madresita María Pura Castillo por la confianza y la educación que me brindo.

A mi querida mamá Cecy por la formación, educación y el deseo de aportar en este importante proceso de formación académica.

A mi padre Eligio De Gracia Ibarra, a mi papá Silvio; por todo el estímulo brindado en todos estos años.

A mis hermanos Ritter, Nivaldo, Alcibiades y José.

A mi primas y primos, especialmente a Yurizán Araúz.

A mis tías especialmente Liduvina Castillo y a mi padrino Saturnino Saira.

A una persona super especial que siempre se ha mantenido en los buenos y principalmente en los malos momentos, gracias por estar a mi lado y darme todo tu apoyo; Que Dios te Bendiga y te de mucha salud, a ti y a tu familia Tito Antonio Romero. TQM. Y a los verdaderos amigos(as) que estuvieron cuando se les necesito.

## EFFECTO DE NIVELES DE MELAZA SOBRE LAS CARACTERISTICAS NUTRICIONALES Y FERMENTATIVAS DEL ENSILADO DE MANI FORRAJERO

**De Gracia C., L. A. 2008.** Efectos de niveles de melaza sobre las características nutricionales y fermentativas del ensilado de maní forrajero. Tesis Ing. Agr. Zootecnista con Orientación en Producción Animal. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Panamá. 71 p.

### RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el efecto de diferentes niveles de melaza sobre las características nutricionales y fermentativas del ensilaje de *Arachis pintoï*, se utilizo la técnica de microsilos de laboratorio hechos con tubos de PVC de 10 cm de diámetro y 30 cm de largo. El forraje fue cosechado y ensilado a los 96 días después del corte de nivelación. Se utilizaron 4 tratamientos con 5 repeticiones, uno sin melaza y los otros con 3, 6, 9% de melaza, respectivamente. Se le adiciono agua a los silos para tener el mismo porcentaje de materia seca en el silo. El silo fue preservado por 45 días, abierto y analizado por sus propiedades organolépticas (color, olor y humedad), nutricionales (materia seca, proteína cruda, fibra cruda, extracto etéreo, nitrógeno), fermentativas (acidez, capacidad buffer, nitrógeno amoniacal). Los datos fueron analizados con un diseño completamente al azar (DCA), en análisis de varianza fue realizado con un paquete estadístico y las diferencias significativas fueron declaradas a un valor de ( $p < 0.05$ ) se elaboraron curvas de regresión para obtener las ecuaciones de predicción para las características del ensilaje de acuerdo a los niveles de melaza. El nivel de melaza no tuvo efecto significativo sobre los valores de MS ( $p > 0.05$ ); sin embargo, la MS disminuyo con la mayor adición de melaza. Los contenidos de PC, FC, EE y cenizas mostraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) para los diferentes niveles de adición de melaza. La PC, FC, EE disminuyeron; no así la cenizas que hubo un aumento con la mayor adición de melaza. El valor de pH al igual que la capacidad buffer y nitrógeno amoniacal variaron significativamente ( $p < 0.05$ ) en respuesta a la adición de melaza. El pH y el  $N-NH_3 / NT$  disminuyeron al incrementar los niveles de melaza, al contrario de la capacidad buffer que aumento. La adición de melaza afectó la capacidad fermentativa y nutricional del ensilaje de *Arachis pintoï*. Los resultados obtenidos indican que el uso de melaza en la preparación del ensilaje tiene un efecto positivo sobre las características fermentativas, pero no así en la composición nutricional.

**PALABRAS CLAVES:** Ensilaje, *Arachis pintoï*, melaza, características nutricionales y fermentativas.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	PÁGINAS
PÁGINA DE TÍTULO.....	i
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
RESUMEN.....	v
INDICE DE CONTENIDO.....	vi
ÍNDICE DE CUADROS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del Problema a Investigar.....	1
1.2. Antecedentes.....	2
1.3. Justificación.....	3
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. Generales.....	4
1.4.2. Específicos.....	4
1.5. Hipótesis.....	4
1.6. Alcances y limitaciones del estudio.....	5
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	7
2.1. Origen y características generales del <i>Arachis pintoï</i> .....	7
2.2. Definición y proceso del ensilado.....	10
2.2.1. Definición.....	10
2.2.2. Proceso del ensilaje.....	11
2.3. Fases de la Fermentación.....	13
2.3.1. Etapa 1. Fase Aeróbica.....	13
2.3.2. Etapa 2. Fase de Fermentación.....	14

2.3.3. Etapa 3. Fase Estable.....	15
2.3.4. Etapa 4. Fase de Deterioro Aeróbico.....	16
2.3.5. Etapa 5. Fase de Deterioro Indefinido.....	16
2.4. Indicadores Fermentativos.....	18
2.4.1. Acidez .....	18
2.4.2. Capacidad Buffer.....	18
2.4.3. Nitrógeno Amoniacal como Porcentaje del Nitrógeno Total..	19
2.4.4. Acidos Grasos Volátiles.....	19
2.5. Indicadores Nutricionales.....	21
2.5.1. Materia Seca.....	22
2.5.2. Proteína Cruda.....	22
2.5.3. Fibra Cruda .....	23
2.5.4. Extracto Etéreo.....	23
2.5.5. Cenizas .....	23
2.6. Utilización de Aditivos en la Elaboración de Ensilaje.....	24
2.7. Aspectos que Indican la Calidad del Ensilaje.....	26
2.7.1. Ensilaje de Excelente Calidad.....	28
2.7.2. Ensilaje de Buena Calidad.....	28
2.7.3. Ensilaje de Calidad Regular.....	29
2.7.4. Ensilaje de Mala Calidad.....	30
<b>3. MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>32</b>
3.1. Ubicación.....	32
3.2. Forraje.....	32
3.3. Tratamientos.....	32
3.4. Confección de los Microsilos.....	33
3.5. Toma de Muestras.....	33
3.6. Parámetros Evaluados y Análisis de las Muestras.....	33
3.6.1. Composición Química.....	33
3.6.2. Características Fermentativas y Organolepticas.....	34
3.7. Análisis Estadístico.....	35

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	36
4.1. Composición Nutricional.....	37
4.1.1. Materia Seca (MS).....	37
4.1.2. Proteína Cruda (PC).....	40
4.1.3. Fibra Cruda (FC).....	43
4.1.4. Extracto Etéreo (EE).....	45
4.1.5. Cenizas.....	48
4.2. Características Fermentativas.....	51
4.2.1. Acidez .....	52
4.2.2. Capacidad Buffer.....	55
4.2.3. Nitrógeno Amoniacal como Porcentaje del Nitrógeno Total....	58
4.3. Características Organolépticas.....	61
4.3.1. Color.....	61
5. CONCLUSIÓN.....	65
6. RECOMENDACIONES.....	66
7. REFERENCIAS CITADAS.....	67



## INDICE DE CUADROS

	Páginas
<b>CUADRO I.</b> Composición bromatológica del <b><i>Arachis pintoï</i></b> .....	10
<b>CUADRO II.</b> Fases del proceso de fermentación del ensilado.....	17
<b>CUADRO III.</b> Categorías de aditivos para ensilaje.....	24
<b>CUADRO IV.</b> Análisis de varianza para el efecto de la adición de melaza sobre las características nutricionales del ensilaje de <b><i>Arachis pintoï</i></b> .....	36
<b>CUADRO V.</b> Medias de la Composición nutricional del ensilaje de <b><i>Arachis pintoï</i></b> para los niveles de adición de melaza.....	37
<b>CUADRO VI.</b> Análisis de varianza para el efecto de la adición de melaza sobre las características fermentativas del ensilaje de <b><i>Arachis pintoï</i></b> .....	51
<b>CUADRO VII.</b> Medias de las Características fermentativas del ensilaje de <b><i>Arachis pintoï</i></b> para los niveles de adición de melaza.....	52
<b>CUADRO VIII.</b> Características organolépticas del ensilaje de <b><i>Arachis pintoï</i></b> CIAT 18744 para los niveles de adición de melaza.....	61

## INDICE DE FIGURAS

	Páginas
<b>FIGURA 1.</b> Cultivo de <i><b>Arachis pinto</b></i> (CIAT 18744) en la estación experimental “ <i>Carlos M. Ortega</i> ” de GUALACA, IDIAP, 2007.....	8
<b>FIGURA 2.</b> Esquema general del proceso de producción de un ensilado.....	12
<b>FIGURA 3.</b> Efecto del nivel de adición de melaza sobre el contenido de la materia seca del ensilaje de <i><b>Arachis pinto</b></i> .....	39
<b>FIGURA 4.</b> Efecto del nivel de adición de melaza sobre el contenido de proteína cruda del ensilaje de <i><b>Arachis pinto</b></i> .....	42
<b>FIGURA 5.</b> Efecto del nivel de adición de melaza sobre el contenido de fibra cruda en el ensilaje de <i><b>Arachis pinto</b></i> .....	44
<b>FIGURA 6.</b> Efecto del nivel de adición de melaza sobre el contenido de extracto etéreo del ensilaje de <i><b>Arachis pinto</b></i> .....	47
<b>FIGURA 7.</b> Efecto del nivel de adición de melaza sobre el contenido de cenizas del ensilaje de <i><b>Arachis pinto</b></i> .....	50
<b>FIGURA 8.</b> Efecto del nivel de adición de melaza sobre el contenido de acidez del ensilaje de <i><b>Arachis pinto</b></i> .....	54
<b>FIGURA 9.</b> Efecto del nivel de adición de melaza sobre el contenido de capacidad buffer del ensilaje de <i><b>Arachis pinto</b></i> .....	57

<b>FIGURA 10.</b>	Efecto del nivel de adición de melaza sobre el contenido de nitrógeno amoniacal como contenido de nitrógeno total del ensilaje de <b><i>Arachis pintoï</i></b> .....	59
<b>FIGURA 11.</b>	Ensilaje de <b><i>Arachis pintoï</i></b> con 0% de melaza.....	63
<b>FIGURA 12.</b>	Ensilaje de <b><i>Arachis pintoï</i></b> con 3% de melaza.....	63
<b>FIGURA 13.</b>	Ensilaje de <b><i>Arachis pintoï</i></b> con 6% de melaza.....	64
<b>FIGURA 14.</b>	Ensilaje de <b><i>Arachis pintoï</i></b> con 9% de melaza.....	64

## 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Planteamiento del Problema:

La producción de pastos en las regiones tropicales y subtropicales está determinada principalmente por la precipitación pluvial y la temperatura. Dado a que si hay poca distribución de lluvias, esta determinará una estacionalidad en la producción (Gutiérrez, 1996). Durante los períodos secos se reduce la tasa de crecimiento y la calidad nutritiva de los pastos. Por lo tanto, el pasto disponible, no es suficiente para satisfacer los requerimientos del animal; lo que hace necesario buscar alternativas de alimentación que disminuyan los costos de producción e incrementen la producción animal. Una de las alternativas viables es la conservación de forrajes mediante el ensilado de materiales de alto valor nutritivo; entre estos están las leguminosas (*Leucaena leucocephala*, *Cajanus cajan* y *Arachis pintoi*), las cuales poseen un perfil nutricional elevado y proporcionan una fuente alimenticia muy beneficiosa para el desarrollo de los animales (Plane y McDonald, 1966).

La conservación de forrajes mediante el ensilado surge como una opción útil, fácil de implementar y de bajo costo, que consiste en una fermentación anaeróbica cuyos productos son los ácidos orgánicos láctico, acético y butírico (Wing Ching y Rojas, 2006).

## 1.2. Antecedentes:

El ensilaje permite la conservación del pasto y forraje, manteniendo su condición jugosa y su color verde sin disminuir el valor nutritivo.

**Pezo (1981) indicó que la importancia de utilizar una mayor cantidad de melaza en el trópico es debido a la necesidad de compensar el bajo contenido de azúcares en los forrajes, aunado a mayores pérdidas de carbohidratos por respiración y fermentación aeróbica producto de las altas temperaturas. La melaza es utilizada como aditivo desde hace mucho tiempo, se agrega a los forrajes tropicales a niveles entre cinco y ocho por ciento.**

(Sibanda *et al.*, 1997) afirman que las leguminosas por su bajo contenido de carbohidratos no fibrosos y su alta capacidad buffer, hacen difícil que el material se pueda ensilar sin aditivos. La melaza contribuye a mantener el nivel proteico de la masa ensilada, al favorecer la eficiencia bacteriana en la utilización del nitrógeno, mejora el contenido de energía y asegura valores bajos de pH (Marambio y Retamal, 1976). De allí la necesidad de adicionar azúcares como melaza a los ensilajes, ya que mejoran y preservan la calidad del ensilaje y estimulan el crecimiento de las bacterias ácido lácticas (Ojeda *et al.*, 1987; Luís y Ramírez, 1989).

En Panamá la época adecuada para elaborar ensilaje son los últimos tres meses del año, procurando que los pastos estén en su mejor momento de contenido en proteína y bajo en fibra, ya que las proteínas constituyen uno

de los nutrientes más costosos en todas las raciones alimentarias para la producción animal (FAO, 2006).

### 1.3. Justificación:

Las leguminosas forrajeras son de gran potencial para el trópico, por su adaptación a varios ecosistemas y su uso es cada día de mayor importancia, ya que contribuye al mejoramiento del suelo y a la calidad de la dieta; es por ello que el uso de ensilaje de *Arachis pinto* podría ser una alternativa económicamente factible y sostenible para la alimentación del ganado (CIAT, 1997).

La adición de melaza en el ensilaje de maní forrajero tiene como propósito compensar el bajo contenido de azúcares en las gramíneas o leguminosas en el momento del ensilado como también ayuda a favorecer la fermentación deseable y mejora el contenido del ácido láctico, conservando la calidad y el buen sabor del ensilaje.

### 1.4. Objetivos:

#### 1.4.1. General:

- Evaluar el efecto de diferentes niveles de melaza sobre las características nutricionales y fermentativas del ensilaje de *Arachis pinto*.

#### 1.4.2. Específicos:

- Determinar el efecto de tres niveles de melaza sobre la composición química del ensilado de *Arachis pinto*.

- Evaluar el efecto de tres niveles de melaza sobre las características fermentativas y organolépticas del ensilado de *Arachis pinto*.

### **1.5. Hipótesis:**

- $H_0$ : El nivel de melaza no tiene efecto estadísticamente significativo en la composición química del ensilado de *Arachis pinto*.
- $H_a$ : El nivel de melaza tiene efecto estadísticamente significativo en la composición química del ensilado de *Arachis pinto*.
  
- $H_0$ : El nivel de melaza no tiene efecto estadísticamente significativo en las características fermentativas y organolépticas del ensilado de *Arachis pinto*.
- $H_a$ : El nivel de melaza tiene efecto estadísticamente significativo en las características fermentativas y organolépticas del ensilado de *Arachis pinto*.

### **1.6. Alcances y Limitaciones del Estudio:**

En el trópico, donde la principal dificultad para la producción animal es la escasez de forraje, la conservación de forraje producido durante la época de lluvias por medio del ensilaje es probablemente una técnica útil para la mayoría de pequeños ganaderos, especialmente aquellos dedicados a la lechería o la producción de carne. Se ha demostrado que es posible ensilar forrajes aplicando esta tecnología relativamente simple, y que usando leguminosas como el *Arachis pintoi*, pueden ser ensilados con éxito. Mediante este estudio se pudo determinar algunas características nutritivas y fermentativas del ensilaje de *Arachis pintoi* producido de manera experimental en microsilos. Sin embargo, es necesario continuar las investigaciones respecto a la calidad de ensilajes de leguminosas, en relación a su fermentación y valor nutritivo, que pueden ser mejorados usando cultivos asociados, mezclando forrajes al ensilar y agregando otros aditivos. De igual forma es necesario determinar las implicaciones económicas que el mismo produzca.

La metodología del desarrollo de este estudio se vio afectada porque la producción de biomasa del maní forrajero fue mermada por la presencia de arrieras en el cultivo al inicio del ensayo. El factor económico limitó de gran forma nuestro estudio debido a la falta de algunos equipos y reactivos para realizar los análisis de laboratorio.





## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Origen y características generales del *Arachis pintoï*:

El género *Arachis* es originario de América del Sur y está restringido a Brasil, Paraguay, Argentina y Uruguay (Valls y Simpson, 1995). El *Arachis pintoï* cv. Porvenir fue colectado en 1981 en Brasil por J. Valls y W. Werneck de CENARGEN/EMBRAPA (Valls, 1992).

El *A. pintoï* es una planta herbácea perenne de crecimiento rastrero y estolonífero (Figura 1), tiene raíz pivotante, hojas alternas compuestas de cuatro folíolos, tallo ligeramente aplanado con entrenudos cortos y flor de color amarillo (Maass *et al.*, 1993).

El *A. pintoï* se adapta bien a zonas tropicales bajas con precipitaciones desde 1500 a 3500 mm anuales. No se tiene totalmente definido la altura máxima sobre el nivel del mar hasta la cual esta leguminosa es productiva, pero se ha notado que en alturas intermedias de aproximadamente 1500 m.s.n.m la planta pierde agresividad, las hojas se tornan pequeñas y el crecimiento inicial es bastante lento. Crece bien en suelos pobres ácidos, con alta saturación de aluminio, pero se da mejor en suelos de mediana fertilidad, franco arenoso con buen contenido de materia orgánica, tolera encharcamiento del suelo por períodos cortos, como también la sombra (CIAT, 1997).

**FIGURA 1. CULTIVO DE *Arachis pintoï* (CIAT 18744) EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL “CARLOS M. ORTEGA” DE GUALACA, IDIAP, 2007.**



Son pocas las plagas y enfermedades de importancia económica hasta la fecha en el *A. pintoii*. Las arrieras (*Atta sp.*) tienen preferencia por el *A. pintoii* y pueden causar defoliación total aunque no destruya totalmente el cultivo; algo similar ocurre con la presencia de comederas de hojas y algunas larvas de lepidópteros (Pinzón *et al.*, 1996).

Una característica del *A. pintoii* es que produce gran cantidad de estolones, lo cual se traduce en mayor número/m<sup>2</sup> de puntos de crecimiento y biomasa de raíces, cubre más rápido el suelo y compite mejor con las malezas durante la fase de establecimiento (Villareal y Vargas, 1996).

## 2.2. Definición y proceso del ensilaje:

### 2.2.1. Definición:

El ensilaje es el forraje verde picado bien sea de gramíneas o de leguminosas, conservado en ausencia de aire, en donde actúan bacterias de ácido láctico sobre los azúcares del mismo, con un contenido de humedad de 50 por ciento (Weinberg y Muck, 1996) y almacenado en bolsas plásticas o en depósitos denominados silos (Reiber *et al.*, 2005). En el Cuadro I se observa la composición bromatológica promedio del *Arachis pintoii*.

**CUADRO I. COMPOSICIÓN BROMATOLÓGICA PROMEDIO DEL *Arachis pintoii*.**

Nutrientes	Composición
Humedad total,%	49.7
Materia seca,%	50.3
Materia orgánica,% MS	83.1
Cenizas,% MS	16.9
Extracto etéreo,% MS	1.2
Proteína cruda,% MS	18.8
Fibra cruda,% MS	18.5
Calcio,% MS	0.2

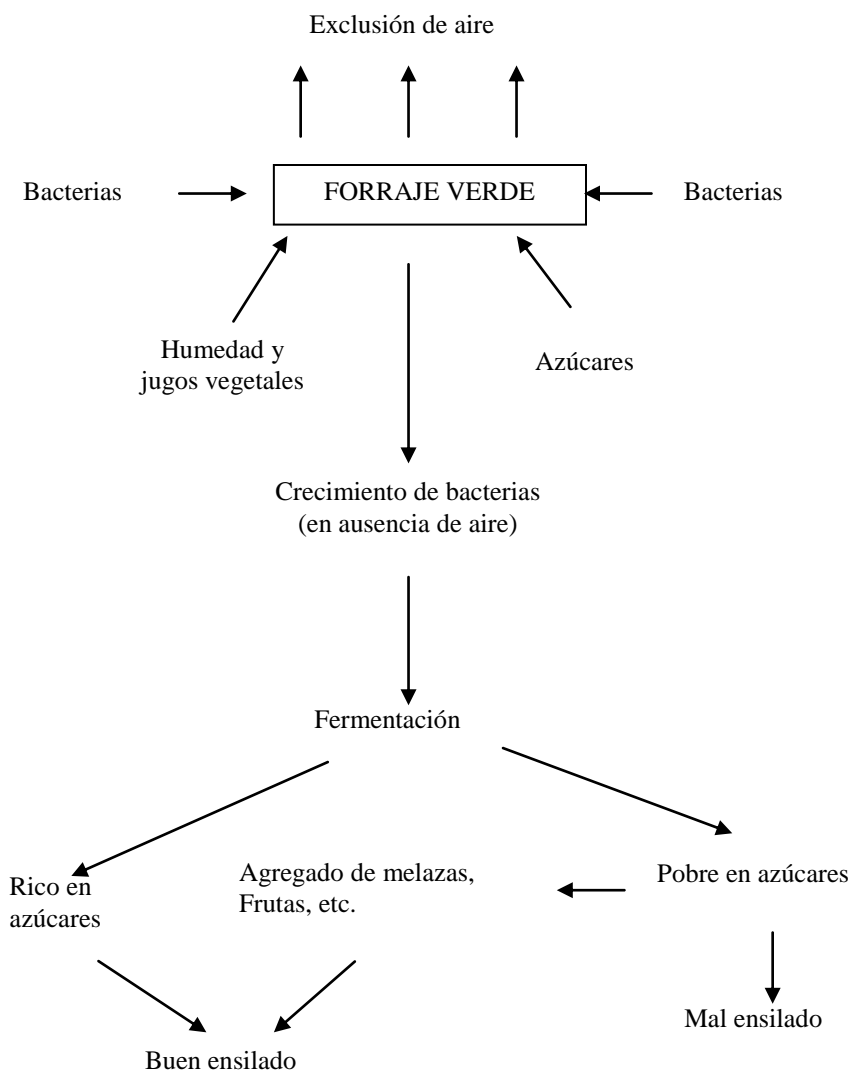
Fuente: Rojas *et al.*, 1999.

Durante el ensilaje ocurren una serie de transformaciones químicas y bioquímicas que definen su calidad (Hiriart, 1984) donde intervienen factores enzimáticos y microbiológicos (Ojeda y Cáceres, 1984). Esto da como resultado una baja de pH (acidez) en condiciones anaeróbicas.

### **2.2.2. Proceso del ensilaje:**

El proceso de ensilaje (Figura 2) es una fermentación en ausencia total de oxígeno, con actividad de bacterias lácticas (*Streptococos* y *Lactobacilos*, especialmente), que actúan sobre los carbohidratos del forraje. Durante este proceso, se produce una influencia del ácido láctico que previene el deterioro del forraje y conserva su valor nutritivo.

**FIGURA 2. ESQUEMA GENERAL DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UN ENSILADO.**



Fuente: Correa, 1980.

### **2.3. Fases de la fermentación del ensilado:**

Las bacterias de ácido láctico fermentan los carbohidratos hidrosolubles del forraje produciendo ácido láctico y en menor cantidad, ácido acético. Al generarse estos ácidos, el pH del ensilado baja a un nivel que inhibe la presencia de microorganismos que inducen la putrefacción (Hiriart, 1998).

Una vez que el material fresco ha sido almacenado, compactado y cubierto para excluir el aire, las fases del ensilaje se pueden dividir en cinco etapas (Weinberg y Muck, 1996; Merry *et al.*, 1997). En el Cuadro II se detallan las fases del proceso de fermentación.

#### **2.3.1. Etapa 1. Fase aeróbica:**

Es la fase cuando el forraje picado llega desde la parcela y entra en el silo. El picado acelera la formación de ácido láctico durante las primeras etapas del proceso, hasta el extremo de que se forma varias veces más ácido durante las primeras 100 horas, en comparación con forrajes no picados (Hiriart, 1998).

En esta etapa ocurren dos procesos simultáneos importantes en la planta que son: El primer proceso es la respiración que es la ruptura de los azúcares de la planta a CO<sub>2</sub> y agua en la presencia de O<sub>2</sub> por lo tanto hay liberación de calor; y el segundo proceso es la proteólisis el cual es el proceso de degradación de las proteínas a aminoácidos y amoniacó y los péptidos en amidas (Bolsen, 2000).

Hiriart (1998) informa que medida en que el tiempo de llenado sea muy largo, se produce un mayor intercambio gaseoso en el silo, y se prolonga la acción de los microorganismos indeseables, lo que lleva a obtener una masa irregular del ensilado. A mayor tiempo de llenado, mayor es el riesgo de pérdidas por acción de levaduras y hongos al momento de abrir el silo. La confección de un silo no debe exceder de cinco días.

Según Weinberg y Muck (1996), si se comete el grave error de ensilar cultivos con bajo contenido de humedad (30-25 por ciento) y se le permite al aire estar en contacto excesivo con el material picado, se puede producir un incendio debido a la combustión de la biomasa por el calor generado en la oxidación. Por el contrario, si se ensila cultivos con un contenido de humedad excesivamente alto (sobre 75 por ciento), el exceso de agua arrastrará los carbohidratos solubles impidiendo una acidificación láctica uniforme y una gran cantidad de silo descompuesto (Goic y Hiriart ,1979).

Este proceso dura pocas horas. Además hay una actividad importante de varias enzimas vegetales, como las proteasas y las carbohidrasas, siempre que el pH se mantenga en el rango normal para el jugo del forraje fresco (pH 6.5-6.0) (Bolsen, 2000).

### **2.3.2 Etapa 2. Fase de fermentación:**

En esta se requiere un medio con ausencia de oxígeno dentro del silo. En donde se destacan las bacterias del ácido láctico (LAB), que convertirán los carbohidratos solubles en ácido láctico y conservarán el forraje (Romero, 2006).



El período activo de fermentación durará de siete a 21 días; forrajes con menos de 65 por ciento de humedad fermentarán más rápido (entre siete y 14 días). Si la fermentación se desarrolla con éxito, la actividad de las bacterias ácido lácticas proliferará y se convertirán en la población predominante, y por la producción de los ácidos grasos volátiles (AGV) el pH bajará a valores entre 3.8 a 4.5 (Romero, 2006).

El bajo contenido de agua también permitirá una acidificación más rápida y violenta, que eliminará tanto a las Enterobacterias como a las esporas Clostridiales. Se considera que las esporas clostridiales no crecerán a rangos de pH entre 4.6 y 4.8.

Hiriart (1998) dice que cuando un ensilaje se vuelve mohoso a causa del crecimiento de hongos, tiene lugar un profundo cambio. El material mohoso se encuentra principalmente en las capas superficiales del ensilaje, pero si el proceso fue bien realizado, llegará únicamente a los dos o tres centímetros de espesor. En un silo bien terminado el espesor del ensilaje mohoso superficial es de menos de dos centímetros, aun cuando se encuentran lunares de ensilaje mohoso a los lados o en el interior del silo, a causa de un mal llenado.

### **2.3.3. Etapa 3. Fase estable:**

Mientras se mantenga el ambiente sin aire, ocurren pocos cambios. En esta fase la mayoría de los microorganismos reducen lentamente su presencia y algunos se mantienen inactivos. Como clostridios y bacilos, sobreviven como esporas. Sólo algunas proteasas y carbohidrasas, y microorganismos especializados,

como *Lactobacillus buchneri* que toleran ambientes ácidos, continúan activos pero a menor ritmo. La fase estable es de poca actividad biológica. Pero, es posible que ocurra ruptura de hemicelulosas y si el pH no está entre 4.2 y 4.0, se reactivarán las LAB causando un posterior declive del pH (Bolsen, 2000).

#### **2.3.4. Etapa 4. Fase de deterioro aeróbico:**

Esta fase comienza con la apertura del silo y la exposición del ensilaje al aire. El período de deterioro puede dividirse en dos etapas. La primera se debe al inicio de la degradación de los ácidos orgánicos que conservan el ensilaje, por acción de levaduras y ocasionalmente por bacterias que producen ácido acético. Esto induce a un aumento en el valor del pH, lo que permite el inicio de la segunda etapa. La segunda etapa induce un aumento en la temperatura y la actividad de microorganismos que deterioran el ensilaje, como algunos bacilos (Hiriart, 1998).

#### **2.3.5. Etapa 5. Fase de deterioro indefinido:**

Esta etapa refleja los cambios ocurridos durante las cuatro primeras fases. Si se forma suficiente ácido láctico y acético para impedir una posterior actividad bacterial, la fase cinco es exclusivamente un periodo durante el cual el ensilaje permanece estable. Las bacterias atacan fuertemente los aminoácidos y proteínas del ensilado, lo que resulta la aparición de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) y ácidos grasos volátiles (AGV). Este proceso tiene además la desventaja de mantener o elevar el pH, lo que permite que las fermentaciones continúen hasta que todos los productos energéticos utilizables desaparezcan (Hiriart, 1998).

## CUADRO II. FASES DEL PROCESO DE FERMENTACIÓN DEL ENSILADO.

Fase	Proceso	Bacterias	Ácido	Tiempo (días)	Temp. °C	pH
1	Respiración celular. Producción de calor y dióxido de carbono.  Proteolisis.			1-2	20	6
2	Final de la respiración.  Producción ácido láctico.	Coliformes  Clostridium	Acético  Butírico	2-4	30	6
3	Producción ácido láctico por bacterias lácticas, baja la concentración de bacterias productoras de ácido acético.	Lactobacilus	Láctico	4-5	30	6
4	Degradación de los ácidos orgánicos.  Formación ácido láctico.	Lactobacilus Streptococcus	Láctico	15-20 días para completarse	35-40	4.2
5	Depende de la fase 4  a. si hubo una buena producción de ácido láctico el material se mantiene. b. si no hubo buena producción de ácido láctico, hay pérdidas de nutrientes, mala calidad del ensilaje y pérdida total.					

**Fuente:** Panditharane *et al.*, 1986.

#### **2.4. Indicadores fermentativos:**

Ojeda (1986) señala que durante la conservación de un forraje en forma de ensilaje se producen transformaciones en los compuestos orgánicos originalmente presentes en el material.

Los indicadores fermentativos fundamentales para evaluar los ensilajes son: pH, capacidad buffer, AGV, nitrógeno amoniacal como porcentaje del nitrógeno total ( $N-NH_3/Nt$ ).

##### **2.4.1. Acidez (pH):**

El pH es un indicador importante en el proceso de conservación de un forraje en forma de ensilaje debido a que es una de las transformaciones más radicales que ocurren en el forraje y por su estrecha relación con los procesos degradativos durante la conservación. Este indicador indica el grado de acidificación que alcanzó el material ensilado, el nivel de estabilización del mismo depende del contenido de materia seca. Se aceptan valores inferiores a 4, aunque es preferible un descenso aún menor 3.6 – 3.7 para que garantice la imposibilidad de desarrollo de microorganismos no deseables. Los valores encontrados son aceptables (Elizalde *et al.*, 1992).

##### **2.4.2. Capacidad buffer:**

La capacidad buffer es la resistencia que tiene una planta a la variación o cambio del pH durante el proceso fermentativo con respecto al agregado de  $H^+$  u  $OH^-$ .

#### **2.4.3. Nitrógeno amoniacal como porcentaje del nitrógeno total ( $N-NH_3/Nt$ ):**

El nitrógeno amoniacal es el nitrógeno combinado en forma de amoníaco ( $NH_3$ ) o amonio ( $NH_4$ ). El amoníaco y el amonio son gases que se producen de forma natural por fermentación microbiana de productos nitrogenados, por ejemplo en la descomposición de proteínas y urea.

El porcentaje de nitrógeno amoniacal sobre el nitrógeno total, en el proceso de ensilado, ocurre con una degradación de la proteína que da como resultado amonio. Esta degradación esta a cargo de enzimas proteolíticas que se liberan de la propia planta en el picado y de la actividad de microorganismos. Las dos vías son reducidas al mínimo si logramos un rápido descenso del pH, esto significa realizar una correcta extracción del aire por compactado y sellado procurando el menor ingreso posible de tierra al material. Si esto no ocurre, el descenso del pH es lento y se comienza a producir rápidamente amonio que además aumenta la resistencia a la disminución del pH, lo cual produce como resultado final una alta proporción de  $NH_3/NT$ . Por encima del 8 por ciento de  $NH_3/NT$  podría verse afectado el consumo voluntario por parte de los animales. En general los valores encontrados son algo elevados en algunos casos superando el 10 por ciento lo cual indicaría que alguna parte del proceso de confección no se realizó adecuadamente (Elizalde *et al.*, 1992).

#### 2.4.4. Ácidos grasos volátiles (AGV):

Los ácidos orgánicos encontrados comúnmente en el ensilaje son el acético, propiónico, butírico y láctico. Los tres primeros son volátiles y en su conjunto se denominan ácidos volátiles; el ácido láctico no se volatiliza fácilmente denominándose ácido no volátil (Hiriart, 1998).

El ácido acético es el responsable del olor y sabor a vinagre, y el propiónico tiene propiedades similares. Los ensilados de fermentación acética contienen grandes cantidades de ácido acético y bajos niveles de ácido láctico (Ojeda *et al.*, 1991). Debido a la relación inversa existente entre los contenidos de ácido acético y el consumo de MS, puede suponerse que la ingestión administrados *ad libitum* ocasionará un bajo consumo de MS en el ganado (Hiriart, 1998).

Los ácidos propiónicos, isobutírico, butírico, isovalérico y valérico, son producidos únicamente por el metabolismo de bacterias indeseables, razón por la que constituyen los mejores indicadores para determinar la calidad fermentativa de los ensilajes.

El ácido láctico es el que tiene que predominar, este se encuentra en la leche agria y posee un sabor ácido marcado, pero agradable. Las bacterias que producen ácido láctico a partir de los carbohidratos son los lactobacilos y una de las características más importantes de los lactobacilos, es que soportan mucha mayor acidez que otros organismos. Todas producen ácidos láctico a partir de la glucosa; aunque diversas azúcares son fermentados produciéndose otros ácidos (Hiriart, 1998).

Para obtener una adecuada fermentación láctica se necesita la presencia de tres elementos: un medio ambiente anaeróbico, un sustrato adecuado para las bacterias ácido lácticas y una suficiente cantidad de este tipo de bacterias (Muck, 1988).

Para que haya bacterias de ácido láctico tiene que haber un pH de 3.7 a 4.2; aunque pueden ser mayores si los forrajes tienen abundante carbohidratos solubles.

El ácido butírico es producido por bacterias perjudiciales; abunda en la mantequilla rancia y es en gran medida el responsable del olor desagradable de los silos mal preservados. Entre las bacterias perjudiciales se incluyen las que producen ácido butírico. Al igual que las formadoras de ácido láctico, crecen entre los 30 y 40 grados centígrados de temperatura, pero a diferencia de los lactobacilos no se desarrollan cuando la acidez es de 4.2.

En los ensilados de fermentación butírica se produce una fermentación por clostridios. Normalmente, el pH oscila entre cinco y seis, conteniendo poca cantidad de ácido láctico y carbohidratos solubles. Tienen grandes contenidos de nitrógeno amoniacal, el cual rebasa 20 por ciento del nitrógeno total (Romero, 2006).

## **2.5. Indicadores bromatológicos o nutricionales:**

El análisis químico bromatológico es un factor esencial para valorar el poder nutritivo de un alimento, así como su poder productivo, pues se determinan mediante él, cuantitativamente, los principios inmediatos que lo constituyen (Flores, 1977).

La composición química corresponde a las determinaciones de los principales nutrientes presentes en el ensilaje. Es común que este análisis indique los antecedentes del contenido de MS, como base para la formulación de raciones, debido a que esta MS contiene la proteína, los minerales, las vitaminas y la fibra. Esta información es clave para la estructuración de la ración base; según ella, se pueden calcular las necesidades de concentrado u otro suplemento o complemento para el ganado (Hiriart, 1998).

El valor nutritivo del ensilado dependerá, de los cambios provocados por la actividad de las enzimas vegetales y microbianas durante el periodo de conservación (Flores, 1977).

Entre los análisis bromatológicos que se efectuaron están: materia seca (MS), proteína cruda (PC), fibra cruda (FC), extracto etéreo (EE) y cenizas.

### **2.5.1. Materia seca:**

La materia seca es importante como controladora de la calidad del proceso fermentativo.

### **2.5.2. Proteína cruda:**



Son compuestos orgánicos constituidos en su mayor parte por aminoácidos que existen en proporciones características en cada proteína. Estos aminoácidos, son agrupados en esenciales o indispensables definido como aquellos que no se pueden sintetizar en el organismo en la proporción o velocidad que requiere un crecimiento normal, y no esenciales o dispensables, los cuales son aquellos que pueden ser sintetizados por el organismo en una proporción o velocidad adecuada, a partir de fuentes no específicas de nitrógeno amino que para tal fin deben estar disponibles, (alanina, glutamina, prolina).

En dietas para monogástricos, teóricamente cualquier aminoácido puede ser limitante. Pero en condiciones prácticas comúnmente los aminoácidos limitantes son: lisina, triptófano y los aminoácidos azufrados metionina y cistina (Cañas, 1995).

### **2.5.3 Fibra cruda:**

Está constituida por celulosa, lignina y pentosanas Es un índice de las sustancias presentes en los alimentos vegetales (Church y Pond, 1992).

### **2.5.4. Extracto etéreo o grasa bruta:**

Es conjunto de sustancias de un alimento que se extraen con éter etílico (ésteres de los ácidos grasos, fosfolípidos, lecitinas, esteroides, ceras, ácidos grasos libres).

### 2.5.5. Cenizas:

Las cenizas se obtienen al someter el alimento a un proceso de incineración, mediante el cual se destruye la materia orgánica. Están constituidas por óxidos o sales (carbonatos, fosfatos, sulfatos, etc.), de los diferentes elementos.

### 2.6. Utilización de aditivos en la elaboración de ensilaje:

Los aditivos se dividen en tres categorías (Cuadro III): 1) Estimulantes de la fermentación, como los inoculantes bacterianos y las enzimas; 2) inhibidores de la fermentación, como los ácidos propiónico, fórmico y sulfúrico; y 3) aportes de sustrato o fuentes nutritivas, como grano de maíz, melaza, urea o  $\text{NH}_3$  anhidro (Woolford, 1984; Henderson, 1993; Bolsen *et al.* 1995; Vallejo, 1995). La razón para usar aditivos es la de mejorar la preservación del ensilaje al asegurar un predominio de las bacterias lácticas durante la fase de fermentación (Vallejo, 1995).

### CUADRO III. CATEGORÍAS DE ADITIVOS PARA EL ENSILAJE.

Tipo de aditivo	Ingrediente activo típico	Comentarios
-----------------	---------------------------	-------------

Estimulantes de la fermentación	Bacterias ácido lácticas, Azúcares (melaza); y enzimas.	Puede afectar la estabilidad aeróbica
Inhibidores de la fermentación	Ácido fórmico, ácido láctico, nitritos, sulfitos y cloruro de sodio.	Inhibición de clostridios
Inhibidores de deterioro aeróbico	BAC, Acido propiónico, y Acido benzoico	Puede mejorar estabilidad aeróbica
Nutrientes	Urea; Amoníaco Minerales	Puede mejorar estabilidad aeróbica

Fuente: Marambio y Retamal, 1976.

La melaza fue uno de los primeros aditivos usados en los ensilados como fuente de azúcares. La melaza presenta un contenido de carbohidratos hidrosolubles de 70 por ciento en MS, y se comprobó que su empleo aumenta los contenidos de MS y ácido láctico, y reduce el pH y los niveles de  $\text{NH}_3$  en ensilajes tratados con melaza (Hiriart, 1998). La melaza es útil para suplementar forrajes con bajo contenido en carbohidratos solubles, como leguminosas y gramíneas tropicales.

Se han obtenidos buenos ensilajes al agregar melaza en dosis de tres a cinco por ciento (Bareeba, 1977) y hasta 10 por ciento a ensilajes de forrajes tropicales (Henderson, 1993). Sin embargo, si el ensilado tiene un contenido muy bajo de MS y se emplean silos fosa o trinchera, la mayor parte de la melaza se pierde con el escurrimiento en los primeros días del ensilaje (Vallejo, 1995). Su aplicación directa es difícil debido a su alta viscosidad, por lo que se

recomienda diluirla, preferiblemente con un pequeño volumen de agua tibia para minimizar las pérdidas por escurrimiento. Su aplicación en el ensilado de pastos tropicales, precisa una dosis alta de melaza (cuatro a cinco por ciento). En forrajes de cultivos con muy bajo contenido de MS, una parte considerable del aditivo puede perderse en el efluente del silo en los primeros días del ensilaje (Henderson, 1993).

Al suplir melaza de caña agregada a razón de tres por ciento (peso en base fresca) al forraje de pasto elefante (12.9 por ciento de MS; 6.6 por ciento de carbohidratos hidrosolubles) se obtuvo un ensilaje con una calidad de fermentación relativamente buena, pero reduciendo la recuperación de nutrientes del ensilaje, comparado con los valores de ensilaje proveniente de forraje tratado con ácido fórmico (Boin, 1975). La misma dosis de melaza también produjo un aumento en la digestibilidad de MS *in vitro* para forraje de pasto elefante ensilado a 51, 96 y 121 días de crecimiento vegetativo (Silveira *et al.*, 1973).

Nevens (1960) menciona que la adición de sustancias azucaradas a las gramíneas o leguminosas en el momento del ensilado, favorece la fermentación deseable y mejora el contenido del ácido láctico, conservando la calidad y el buen sabor del ensilaje.

Correa (1980) dice que los azúcares totales son el componente más importante del extracto libre de nitrógeno en la melaza, también se encuentra grandes cantidades de minerales para el crecimiento y salud del ganado. Hay ventajas que se obtienen cuando se usa melaza en la ración, como lo son un aumento en el porcentaje de terneros nacidos, un mayor aumento en el peso al destete y una baja mortalidad.

### **2.7. Aspectos que indican la calidad de un ensilaje:**

Los parámetros a considerar sobre la calidad del ensilaje son el olor, color, textura y grado de humedad.

Uno de los cambios más notorios en el ensilaje es la alteración del color del ensilado. A veces este adquiere un tinte marrón o negro, a causa de que la temperatura fue bastante alta y los compuestos orgánicos se carbonizaron. Comúnmente esto ocurre cuando el material seco o en estado de caña no queda bien apretado, en cuyo caso un exceso de aire puede producir una oxidación más intensa, produciéndose excesivo calor (Hiriart, 1984).

El ensilaje puede ser completamente ácido y agradable al paladar, porque posee un sabor y un olor parecido al tabaco; pero su valor nutritivo tiene el riesgo de ser bajo debido a que los carbohidratos fácilmente atacados han sido oxidados (lo que indica pérdida anormal de MS) y la digestibilidad de las proteínas se reduce considerablemente a causa del excesivo calor. De hecho, aunque la temperatura se haya mantenido en un nivel moderado, habrá un cambio en el

color verde del forraje original. El ensilaje tiende a ser verde amarillento o verde castaño y a veces dorado. Esto se debe a la acción de los ácidos orgánicos sobre la clorofila, que pierde su magnesio y tiende a un color castaño o moreno (Hiriart, 1998). Dado que los niveles bajos de pH están directamente relacionados con la alta concentración de ácidos orgánicos, especialmente ácido láctico y acético (McPherson y Violanti, 1966).

De acuerdo a Mott (1970), la calidad de una planta forrajera está representada por la asociación de su composición bromatológica, la digestibilidad y el consumo voluntario del animal. Por lo tanto es de gran importancia conocer los valores de proteína, fibra, materia seca, así como la digestibilidad *in vitro* de estos forraje, de tal forma que se pueda aprovechar al máximo el potencial nutritivo de los mismos.

### **2.7.1 Ensilaje de excelente calidad:**

**Color verde oliva:** Este color se encuentra en ensilajes que se han obtenido con una buena respiración de los trozos verdes de las plantas utilizadas, e implica que la temperatura máxima no rebasó los 30 grados centígrados. Este color se encuentra además en ensilajes elaborados con plantas tiernas. Su olor es generalmente agradable, ligero o definitivamente alcohólico. Comúnmente se trata de ensilajes de buena a excelente calidad (Hiriart, 1998).

**Textura:** El forraje conserva todos sus contornos definidos, se aprecian sus vellosidades si las tenía el forraje original, las hojas permanecen unidas a los tallos.

**Olor:** Agradable, de fruta madura.

**Humedad:** No humedece las manos al ser comprimido dentro del puño, con una presión normal se mantiene suelto el ensilaje (Betancourt, 2001).

Oldfield (1973), considera que un excelente ensilado es aquel que contiene proporcionalmente 72 por ciento de ácido láctico y 28 por ciento de ácido acético, en tanto que un pobre ensilado contendría 24 por ciento de ácido láctico, 10 por ciento de ácido acético y 66 por ciento de ácido butírico.

### **2.7.2. Ensilaje de buena calidad:**

Barnett (1957), define como ensilado de buena calidad aquél que presenta un pH menor de 4,5, bajo contenido de N-NH<sub>3</sub>, cantidades reducidas, o preferentemente ausencia de ácido butírico y entre tres a 13 por ciento de ácido láctico en base a la MS.

**Color amarillento:** Una degradación del color verde hacia el amarillo o marrón claro en todo el perfil del silo, es indicativa de que en la masa se produjo una elevación perjudicial de la temperatura, hasta alcanzar 40 grados centígrados. Los ensilajes de color amarillo a marrón claro, sin ser definitivamente malos, son indicativos de una pérdida de su valor nutritivo, por lo que pueden clasificarse como de una tonalidad intermedia o regular (Hiriart, 1998).

Los tallos con tonalidad más pálida que las hojas (Betancourt, 2001).

**Olor:** El olor no suele ser acentuado, sino indefinido. En ocasiones el color amarillo se presenta en forma de bolsillos o capas húmedas, en medio de una masa de características diferentes; su olor es entonces desagradable a causa de una proporción elevada de ácido butírico (Hiriart, 1998). Ligero olor a vinagre. No deja residuos en las manos al ser tocado (Betancourt, 2001).

**Textura:** Las hojas permanecen unidas a los tallos.

**Humedad:** No humedece las manos al ser comprimido dentro del puño.

### **2.7.3 Ensilaje de calidad regular:**

Barnett (1957), señala que los ensilados de mala calidad serían aquellos que presentan pH mayor de 5.2 y de tres a nueve por ciento de N-NH<sub>3</sub>, uno a siete por ciento de ácido butírico y entre 0.1 a dos por ciento de ácido láctico.

**Color verde oscuro o marrón oscuro:** Se presenta en ensilajes obtenidos con una elevada temperatura, fruto de una compactación insuficiente como resultado de haber cosechado las plantas en un estado de sobremaduración, con alta producción de tallos leñosos, groseramente picados (Hiriart, 1998).

**Olor:** Ácido, con fuerte olor a vinagre. Deja en las manos un permanente olor a manteca rancia característico a ácido butírico (Betancourt, 2001).

Según Hiriart (1998), indica que este color siempre va acompañado de un acentuado olor a tabaco, a veces dulzón, indicio de que por un exceso de



temperatura (más de 60 grados centígrados), se produjo una caramelización de los azúcares de la planta.

**Humedad:** Al ser comprimido en el puño gotean efluentes, con tendencia a ser compactado y formar una masa (Betancourt, 2001).

#### **2.7.4. Ensilaje de mala calidad:**

**Color negro:** Este color se encuentra en ensilajes elaborados en muy deficientes condiciones técnicas. La mayoría de las veces se trata de forraje sin picar o cosechado con sobremaduración excesiva. Como forraje no tiene ningún valor, y no deben consumirlos los animales (Hiriart, 1998).

**Olor:** Desagradable, con olor putrefacto a humedad. Deja un olor a manteca rancia en las manos, el cual permanece por horas.

**Textura:** No se aprecia diferencia entre las hojas y tallos, los cuales forman una masa amorfa, jabonosa al tacto.

**Humedad:** Destila líquido efluente, se compacta con facilidad y llega a tomar la forma deseada (Betancourt, 2001).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación:

El estudio se realizó en el Laboratorio de Bromatología de la Estación Experimental “*Carlos M. Ortega*” del Centro de Investigación Agropecuaria Occidental del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, ubicado en el Distrito de Gualaca, Provincia de Chiriquí.

#### 3.2. Forraje:

Se empleó una parcela de 36 m<sup>2</sup> de *Arachis pintoï* CIAT 18744 previamente establecida. Se realizó un corte de nivelación manual y se procedió a fertilizarla a razón de 45 kg/ha de urea, 67 Kg/ha de super fosfato triple y 67 Kg/ha de sulfomag. El forraje se cosechó a los 96 días después del corte de nivelación y se picó en partículas de aproximadamente 1.5 cm de largo. Se mezcló con el porcentaje correspondiente de melaza para el tratamiento en base al porcentaje del peso fresco. Se agregó agua a los silos para ajustar la MS a 25% (0, 8.25, 16.50 y 24.75 ml de agua para T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub>, respectivamente).

#### 3.3. Tratamientos:

Se elaboraron 4 tratamientos, los mismos son detallados a continuación:

Tratamiento 1 = *Arachis pintoï* más cero por ciento de melaza

Tratamiento 2 = *Arachis pintoï* más tres por ciento de melaza

Tratamiento 3 = *Arachis pintoï* más seis por ciento de melaza

Tratamiento 4 = *Arachis pintoii* más nueve por ciento de melaza

### **3.4. Confección de los microsilos:**

El material se preservó en microsilos de laboratorio hechos de tubos de polyvinyl chloride (PVC) de 10 cm de diámetro y 30 cm de largo con un volumen total de dos litros (peso aproximado de dos kg). El material se comprimió y se colocó los tapones. En los extremos se usaron tapas de PVC, siendo la tapa superior removible y la tapa inferior sellada con pegamento de PVC. En la parte superior del tubo de PVC, fue adherida exteriormente una válvula de Bunsen que permitió retirar todo el aire posible y evitar la entrada de aire al microsilo. Cada tratamiento contó con cinco réplicas, por lo que se elaboraron 20 microsilos.

### **3.5. Toma de muestra:**

Los microsilos fueron abiertos después de 45 días, se pesó y se tomaron muestras para análisis bromatológico y características fermentativas. Estos datos fueron tabulados y luego analizados estadísticamente.

### **3.6. Parámetros evaluados y análisis de las muestras:**

#### **3.6.1. Composición química:**

Entre los análisis bromatológicos que se efectuaron están: materia seca (MS), proteína cruda (PC), fibra cruda (FC), extracto etéreo (EE) y cenizas. Estos análisis se hicieron siguiendo la metodología descrita por la AOAC (1989).

### 3.6.2. Características fermentativas y organolépticas:

Las características fermentativas que se evaluaron fueron: Acidez, capacidad búfer, y nitrógeno amoniacal (NH<sub>3</sub>-N).

La acidez fue determinada midiendo el pH del material inmediatamente después de abierto el silo.

La capacidad buffer (CB) del material se determinó mediante la metodología descrita por McDonald y Henderson (1962). Primero, se midió el pH con un potenciómetro de electrodo de vidrio en una solución preparada con cinco gramos de la muestra de ensilado y 95 gramos de agua destilada. Segundo, se colocó una barra magnética dentro del recipiente para mantener la solución en agitación, sobre un soporte universal se colocó el electrodo, sumergiéndolo en la solución. Se adicionó NaOH 0,1 *N* para llevar el pH hasta tres. Con una bureta, colocada sobre el soporte, se agregó HCl 0,1 *N* para elevar el pH del material, cuando el pH llegó a cuatro (este representó el punto de partida) luego se le adicionó más HCl hasta llegar a un pH de seis (punto de llegada). El volumen total consumido (llegada-partida) fue reemplazado en la siguiente fórmula para calcular la capacidad buffer del material:

$$CB = \{[(\text{NaOH } 0,1N \times 10000) \times (\text{ml NaOH}/1000)]/(\text{g muestra}) \times (\%MS/100)\} * 100$$

El nitrógeno amoniacal como porcentaje del nitrógeno total fue determinado por destilación utilizando el método de Micro-Kjeldahl.

Tanto la capacidad buffer como el nitrógeno amoniacal son indicadores del proceso de fermentación en el ensilado.

Las características organolépticas que se evaluaron son color, olor y textura. Esta evaluación se basó en la apreciación subjetiva de la calidad del ensilaje del material a través de los sentidos.

### 3.7 Análisis estadístico:

Las muestras fueron analizadas a través de un Diseño Completamente al Azar (DCA) por medio del siguiente modelo: (Little y Hills, 1991).

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = representa  $j$ -ésima observación tomada al azar de la  $i$ -ésima unidad experimental.

$\mu$  = media general

$T_i$  = efecto del  $i$ -ésimo tratamiento.

$E_{ij}$  = es el  $ij$ -ésimo error aleatorio que representa la variabilidad de observaciones dentro de unidades, error aleatorio.

El análisis de varianza fue realizado utilizando un paquete estadístico y las diferencias significativas fueron declaradas a un valor de  $p < 0.05$ .

Los datos también fueron ajustados a modelos de regresión lineal (materia seca, proteína cruda, extracto etéreo, cenizas y capacidad buffer) y cuadrática (fibra cruda, pH y N-NH<sub>3</sub>/N total) para obtener las ecuaciones de predicción.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro IV que se muestra a continuación, se observan los valores obtenidos del análisis de varianza para el efecto de la adición de melaza sobre las características nutricionales del ensilaje de *A. pinto*.

**CUADRO IV. ANALISIS DE VARIANZA PARA EL EFECTO DE LA ADICIÓN DE MELAZA SOBRE LAS CARACTERISTICAS NUTRICIONALES DEL ENSILAJE DE *Arachis pinto*.**

<b>Fuente de Variación</b>	<b>Grados de Libertad</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Error Estándar</b>
<b>Materia Seca</b>				
Tratamiento	3	26.0520	8.6840	0.52
Error	16	109.6480	6.8530	
Total	19	135.7000		
<b>Proteína Cruda</b>				
Tratamiento	3	60.3212	20.1070	0.26
Error	16	27.5408	1.7218	
Total	19	87.8708		
<b>Fibra Cruda</b>				
Tratamiento	3	118.7358	39.5786	0.20
Error	16	16.1981	1.0123	
Total	19	134.9339		
<b>Extracto Etéreo</b>				
Tratamiento	3	32.0926	10.6975	0.24
Error	16	24.7030	1.5439	
Total	19	56.7956		
<b>Cenizas</b>				
Tratamiento	3	2.5721	0.8573	0.037
Error	16	0.5696	0.0356	
Total	19	3.1418		

El Cuadro V se presenta las medias de la composición nutricional para cada tratamiento con su coeficiente de variación y su valor de probabilidad.

**CUADRO V. MEDIAS DE LA COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DEL ENSILAJE DE *Arachis pinto* PARA LOS NIVELES DE ADICIÓN DE MELAZA.**

Variables Nutricionales (%)	Tratamientos, Nivel de Melaza				CV	P
	0%	3%	6%	9%		
<b>Materia Seca, MS</b>	25.50	24.22	27.12	26.76	10.10	0.3191
<b>Proteína Cruda, PC</b>	24.30 <sup>a</sup>	22.92 <sup>ab</sup>	21.27 <sup>bc</sup>	19.67 <sup>c</sup>	5.95	0.0003
<b>Fibra Cruda, FC</b>	23.20 <sup>a</sup>	18.15 <sup>b</sup>	17.69 <sup>b</sup>	17.08 <sup>b</sup>	5.28	<0.0001
<b>Extracto Etéreo, EE</b>	6.57 <sup>a</sup>	4.65 <sup>ab</sup>	4.07 <sup>b</sup>	3.09 <sup>b</sup>	27.03	0.0033
<b>Cenizas</b>	7.03 <sup>b</sup>	7.09 <sup>b</sup>	7.69 <sup>a</sup>	7.85 <sup>a</sup>	2.54	<0.0001

<sup>abc</sup> Medias con distinta letra en una misma fila son estadísticamente diferentes ( $p < 0.05$ ).

#### **4.1. Composición nutricional:**

##### **4.1.1. Materia seca (MS):**

Se observó que la adición de melaza no tuvo efecto estadísticamente significativo ( $p > 0.05$ ) sobre el contenido de MS (Cuadro V).

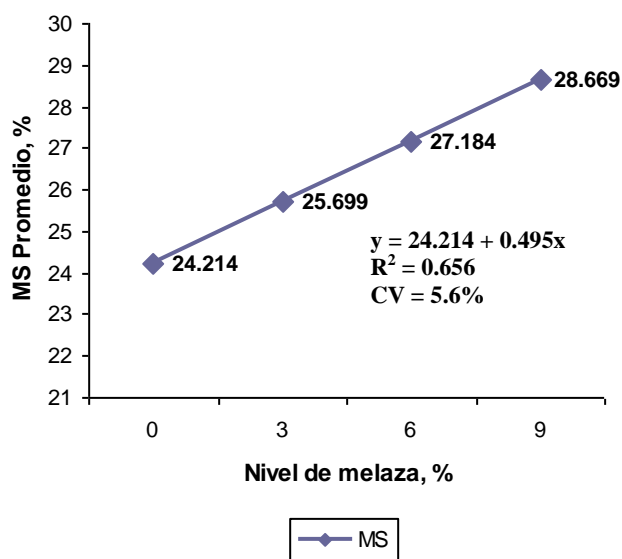
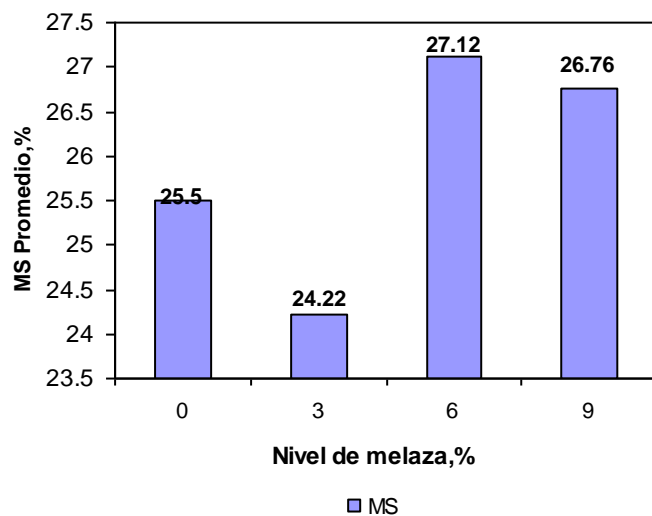
En la Figura 3, se observan los valores para la MS obtenidos, donde el tratamiento 2 (3% de melaza) presentó el valor más bajo, mientras que el

tratamiento 3 (6% de melaza) fue el mayor. Al inicio del experimento, durante la confección de los silos, se agregó agua a los tratamientos de forma tal que se mantuviera un mismo valor para la MS.

Al observar los valores obtenidos en este trabajo vemos que la MS fueron mayores al 25%, con excepción del tratamiento con 3% de melaza.



**FIGURA 3. EFECTO DEL NIVEL DE ADICIÓN DE MELAZA SOBRE EL CONTENIDO DE LA MATERIA SECA DEL ENSILAJE DE *Arachis pinto*.**



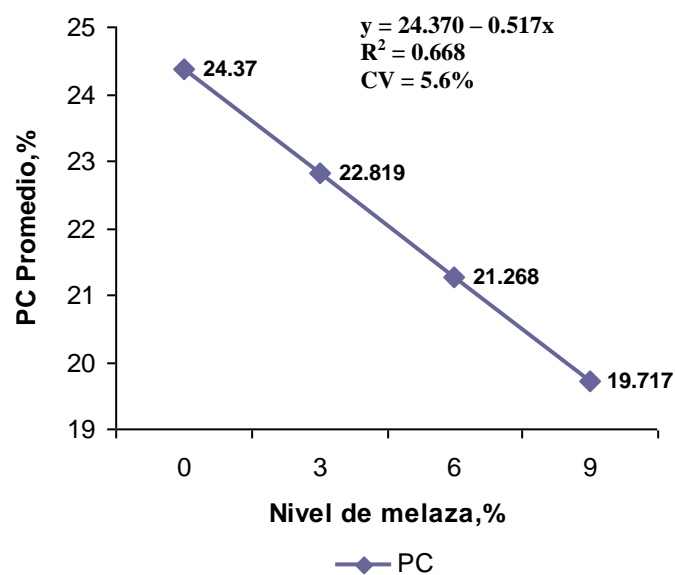
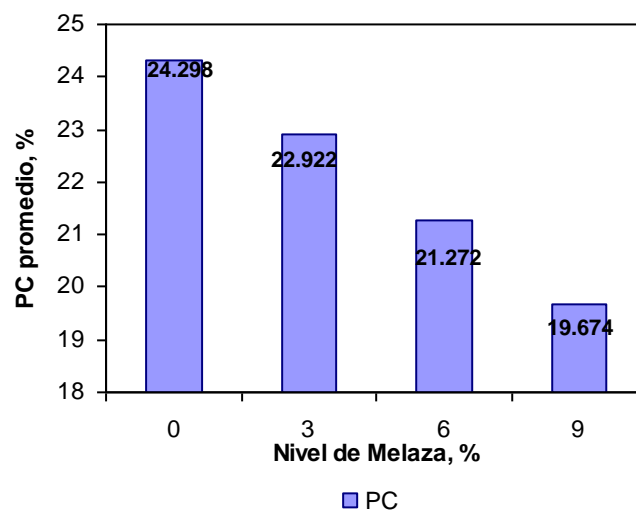
Valores de MS similares a los encontrados en este trabajo fueron reportados por Titterton (2006), el cual encontró que al ensilar forraje con menos de 30% de MS se puede crear un ambiente totalmente anaeróbico, más apropiado al desarrollo de clostridios que a organismos como las bacterias lácticas. Esto difiere de los datos reportados por Vallejo (1995) cuando 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. Además, McDonald (1981) afirma que se disminuyen las pérdidas por respiración, ya que permite un predominio de las bacterias ácido-lácticas y un pH adecuado. Su valor óptimo para la conservación se sitúa entre 30 y 35% (Ojeda *et al.*, 1991).

#### **4.1.2. Proteína cruda (PC):**

El porcentaje de PC mostró diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) para los diferentes niveles de adición de melaza (Cuadro V), observándose que el valor más alto para PC fue obtenido con el tratamiento 1 (0% de melaza), el cual no resultó ser diferente ( $p > 0.05$ ) del tratamiento 2 (3% de melaza). En la figura 4 se presenta la relación lineal entre la PC y los niveles de melaza, en esta se observa que cuando el valor de PC disminuyó progresivamente en la medida que se incrementaron los niveles de melaza, el tratamiento 3 (6% de melaza) y tratamiento 4 (9% de melaza) no resultaron diferentes ( $p > 0.05$ ).

La adición de melaza causa un efecto de dilución, al aumentar las pérdidas de MS por efluentes del ensilaje y a las transformaciones que sufren los constituyentes de la MS durante el proceso fermentativo.

**FIGURA 4. EFECTO DEL NIVEL DE ADICIÓN DE MELAZA SOBRE EL CONTENIDO DE PROTEÍNA CRUDA DEL ENSILAJE DE *Arachis pinto*.**



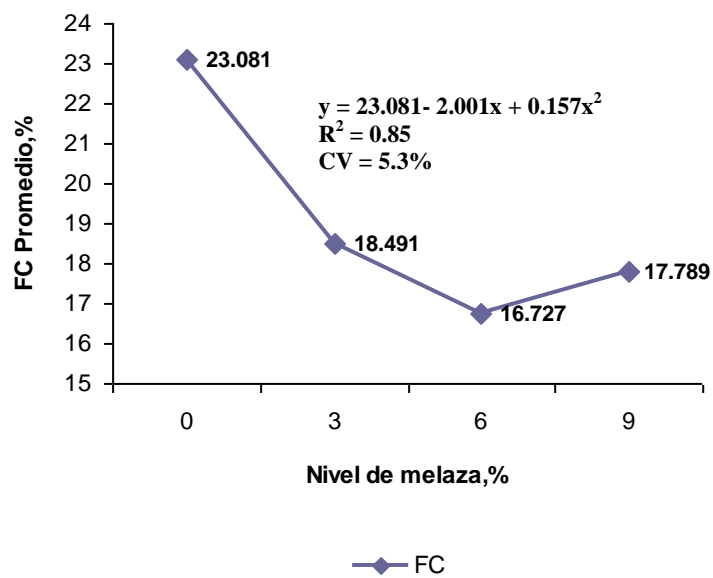
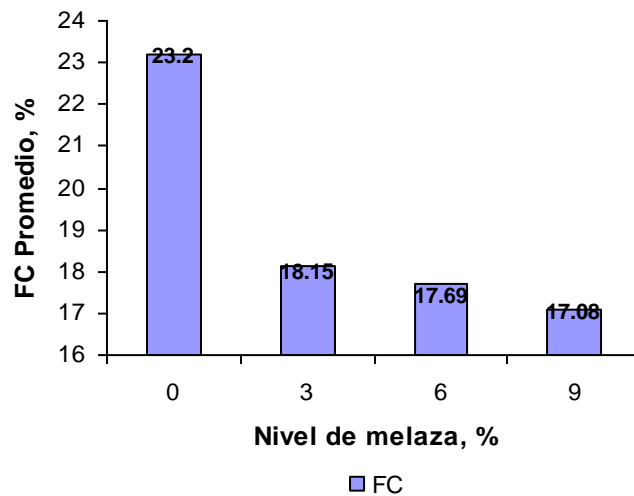
Estudios hechos por Ojeda y Cáceres (1984) muestran que los valores de la PC se reducen con la adición de melaza ya que permiten la inhibición del desarrollo de bacterias clostrídicas que son las causantes de la ruptura de las proteínas y favorecen el crecimiento de las bacterias lácticas. La acidificación promueve contenidos elevados de PC soluble lo cual es consecuencia de una mayor hidrólisis no enzimática (Ramírez, 1988).

Datos similares consiguió Vallejo (1995) al evaluar el efecto de la adición de melaza sobre la calidad del ensilaje de diferentes árboles y arbustos tropicales, encontrando como promedio de todas las especies evaluadas una disminución general del contenido de PC (17.7 a 17.1%) al adicionar melaza.

#### **4.1.3. Fibra Cruda (FC):**

La aplicación de melaza disminuyó el contenido de FC en el ensilaje de *Arachis pintoi*, tal como se presenta en el cuadro V y figura 5. Solo el tratamiento 1 (sin melaza) resultó diferente ( $p < 0.05$ ). Esto se debe al efecto aditivo de componentes solubles de la melaza a la masa ensilada y al mejoramiento del proceso fermentativo el cual la estabiliza rápidamente, disminuyendo la actividad de los microorganismos no deseados sobre la pared celular.

**FIGURA 5. EFECTO DEL NIVEL DE ADICIÓN DE MELAZA SOBRE EL CONTENIDO DE FIBRA CRUDA EN EL ENSILAJE DE *Arachis pintoi*.**



En Investigaciones hechas por Tjandraatmadia *et al.* (1993) Araujo y Cruz (1996) se observaron reducciones en los componentes fibrosos en ensilajes de pastos y leguminosas con la adición de melaza. De acuerdo a Sherman y Riveros (2000), los carbohidratos no estructurales se incrementan con mayores niveles de melaza. Respuesta que se debe al aporte adicional de carbohidratos solubles de la melaza facilitando el aumento de la acidez del medio promoviendo fermentaciones lácticas conduciendo a una mejor calidad fermentativa.

#### **4.1.4. Extracto etéreo (EE):**

El contenido de EE, tal como se presenta en el cuadro V, mostró diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) con la adición de melaza. Al aumentar los niveles de melaza hubo una disminución en el contenido de EE (Figura 6). El tratamiento 1 resultó ser igual al tratamiento 2 y diferente a los otros tratamientos. En cambio, los tratamientos 2, 3 y 4 fueron iguales ( $p > 0.05$ ) y el coeficiente de variación del EE es mayor al 20%, lo que indica esta estimación es que es poco precisa.

Los valores obtenidos para EE en este experimento son mayores a los datos reportados por Wing Ching y Rojas (2006) donde encontraron un contenido de EE de 2.43 por ciento para el ecotipo CIAT 18744 a las ocho semanas y de 2.87 por ciento para el ecotipo CIAT 17434 con una frecuencia de corte de 12 semanas.

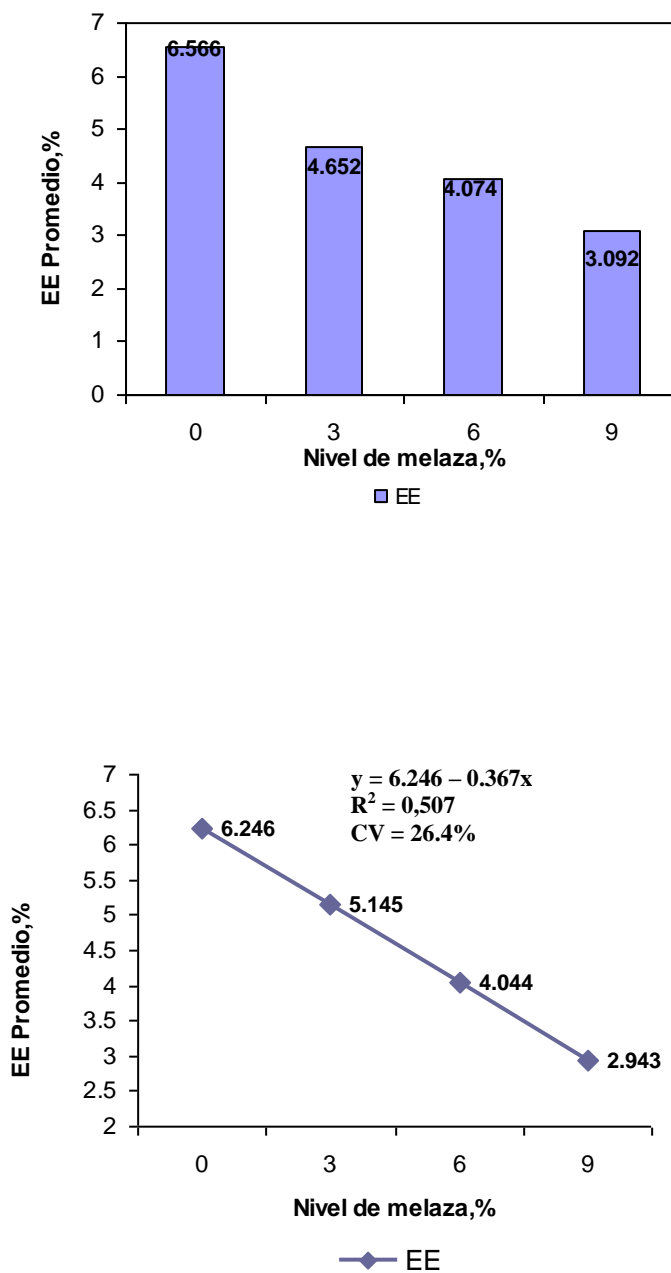
La adición de grasas o el empleo de ingredientes con alto contenido de extracto etéreo es una alternativa que se utiliza para solventar el déficit energético de los rumiantes y se ha

definido un máximo tolerable por el animal de 7 por ciento en la dieta (Palmquist, 1986) lo que se puede decir que a partir del 0 por ciento de adición de melaza (Figura 6) el ensilaje no tendría limitaciones en su aprovechamiento ya que tiene un 6.57 por ciento de extracto etéreo.

La melaza es portadora de energía de fácil aprovechamiento por el animal (Olsen y Allermann, 1991).



**FIGURA 6. EFECTO DEL NIVEL DE ADICIÓN DE MELAZA SOBRE EL CONTENIDO DE EXTRACTO ETÉREO DEL ENSILAJE DE *Arachis pinto*.**



Estudios hechos por Muñoz *et al.* (1983) el extracto etéreo (grasa) del forraje, fue aproximadamente 10 por ciento. Estos contenidos altos de extracto etéreo, limitan su uso

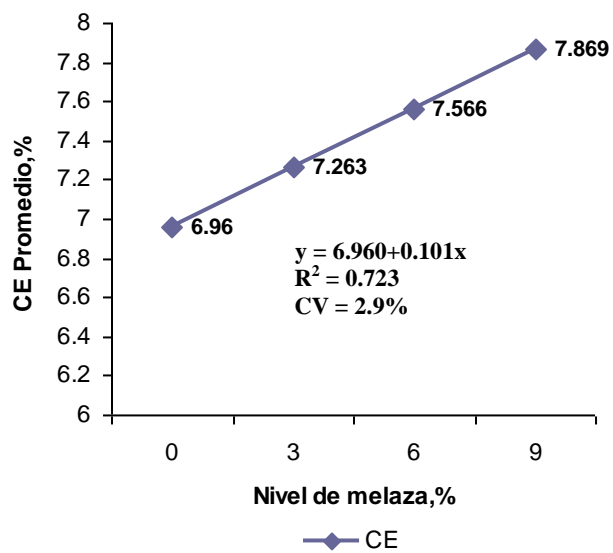
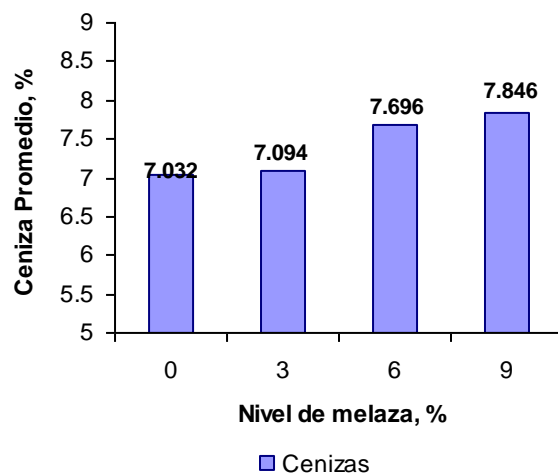
cuando se incorpora este forraje a las raciones de vacas productoras de leche. Esto se debe a que este componente no debería superar el 5 por ciento en una ración para vacas lecheras (Palmquist y Jenkins, 1980). Según estos investigadores, porcentajes de grasa mayores a 5 por ciento podrían reducir la digestión de la fibra e incluso, reducir el consumo de MS.

#### **4.1.5. Cenizas:**

Los valores de cenizas fueron afectados estadísticamente por el nivel de melaza ( $P < 0.05$ ) tal como se muestra en el cuadro V. La Figura 7 representa el efecto de la adición de melaza sobre el contenido de cenizas para el ensilaje de *Arachis pintoí*. A medida que se aumentó el nivel de melaza, la ceniza también aumentó. El tratamiento 1 y 2, con niveles de melaza de 0 y 3 por ciento, no difirieron estadísticamente ( $P > 0.05$ ). Pero estos dos tratamientos resultaron diferentes a los tratamientos 3 y 4 ( $P < 0.05$ ), con niveles de melaza de 6 y 9 por ciento. En cambio, los tratamientos 3 y 4 no resultaron ser diferentes ( $P > 0.05$ ).

Los valores obtenidos son mayores a los reportados por Nieto (2004), que dice que el porcentaje de cenizas para mezclas ensiladas de maíz con leguminosas es de 6.72 por ciento. Por su parte, Sibanda *et al.* (1997), argumenta que este valor es de 5.2 por ciento. Estos dos autores reportan cenizas para la mezcla de *Arachis* y maíz, en nuestro estudio nos referimos a la ceniza de la mezcla *Arachis* y melaza. Podemos atribuir el incremento de la ceniza a la cantidad de melaza adicionada.

**FIGURA 7. EFECTO DEL NIVEL DE ADICIÓN DE MELAZA SOBRE EL CONTENIDO DE CENIZAS DEL ENSILAJE DE *Arachis pinto*.**



#### 4.2. Características Fermentativas:

En el Cuadro VI que se muestra a continuación, se observan los valores obtenidos del análisis de varianza para el efecto de la adición de melaza sobre las características fermentativas del ensilaje de *A. pintoii*.

**CUADRO VI. ANALISIS DE VARIANZA PARA EL EFECTO DE LA ADICIÓN DE MELAZA SOBRE LAS CARACTERISTICAS FERMENTATIVAS DEL ENSILAJE DE *Arachis pintoii*.**

<b>Fuente de Variación</b>	<b>Grados de Libertad</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Error Estándar</b>
<b>Acidez, pH</b>				
Tratamiento	3	1.4248	0.4749	0.029
Error	16	0.3532	0.0220	
Total	19	1.7780		
<b>Capacidad Buffer</b>				
Tratamiento	3	230.1818	76.7272	0.88
Error	16	314.2305	19.6394	
Total	19	544.4124		
<b>NH<sub>3</sub>/N Total</b>				
Tratamiento	3	130.0336	43.3445	0.21
Error	16	17.9689	1.1230	
Total	19	148.0025		

El Cuadro VII representa las medias de las características fermentativas evaluadas para cada tratamiento con su valor de probabilidad.

**CUADRO VII. MEDIAS DE LAS CARACTERÍSTICAS FERMENTATIVAS DEL ENSILAJE DE *Arachis pinto* PARA LOS NIVELES DE ADICIÓN DE MELAZA**

Variables Nutricionales	Tratamientos, Nivel de Melaza				CV	P
	0%	3%	6%	9%		
Acidez, pH	4.34 <sup>a</sup>	3.75 <sup>b</sup>	3.74 <sup>b</sup>	3.70 <sup>b</sup>	3.83	<0.0001
Capacidad buffer, meq/100 g MS	50.97 <sup>b</sup>	52.05 <sup>ab</sup>	51.53 <sup>ab</sup>	59.30 <sup>a</sup>	8.28	0.0287
N-NH <sub>3</sub> /Ntotal	13.59 <sup>a</sup>	9.04 <sup>b</sup>	7.87 <sup>c</sup>	6.94 <sup>c</sup>	11.32	<0.0001

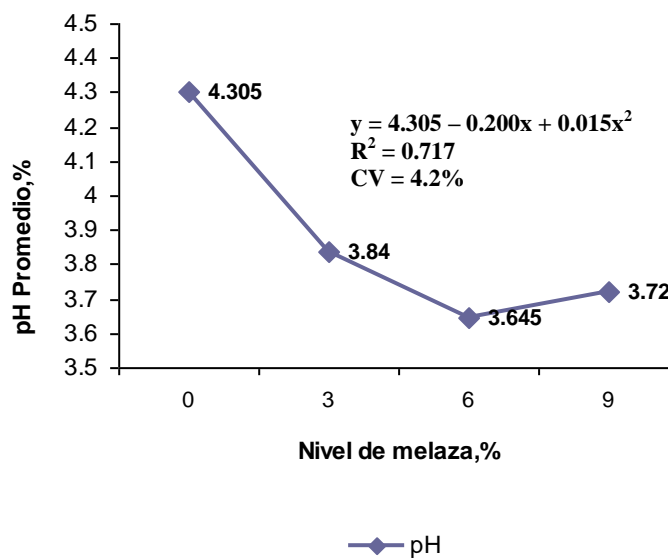
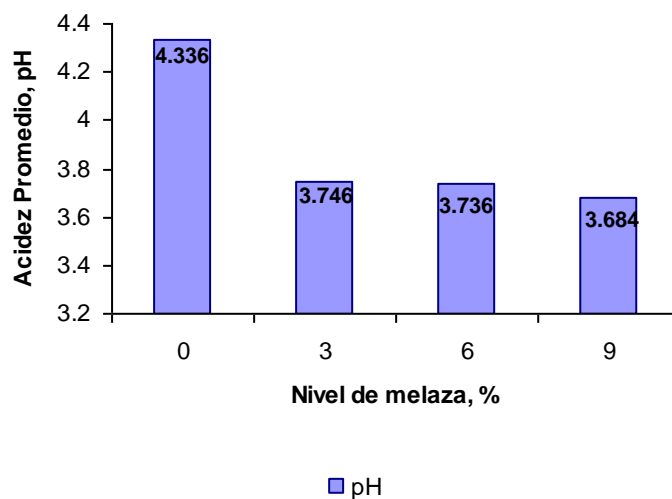
<sup>abc</sup> Medias con distinta letra en una misma fila son estadísticamente diferentes ( $p < 0.05$ ).

#### 4.2.1. Acidez (pH):

Los valores de pH fueron afectados significativamente ( $P < 0.05$ ) por el nivel de melaza (Cuadro V, Figura 8). El menor valor de pH (3.70) fue obtenido con el tratamiento 4 con 9 por ciento de melaza, mientras que el mayor valor (4.33) se obtuvo para el tratamiento sin adición de melaza. Por lo tanto a mayor acidez hay una menor actividad microbiana dentro de la masa ensilada Bolsen (2000). Con la adición de 3, 6 y 9 por ciento de melaza no se observó variación en la acidez del ensilaje de *A. pinto* ( $p > 0.05$ ). El pH promedio para todos los tratamientos fue de 3.87 lo que indica que existió una estabilidad de las bacterias que producen ácido láctico durante el ensilado. Respuesta que puede

deberse a que cuando se aplica melaza, esta tiene la capacidad de inducir ensilajes de bajo pH (Aguilera, 1975; Aguilera *et al.*, 1992).

**FIGURA 8. EFECTO DEL NIVEL DE ADICIÓN DE MELAZA SOBRE EL CONTENIDO DE ACIDEZ DEL ENSILAJE DE *Arachis pinto*.**



De acuerdo a Catchpoole y Henzell (1971) y Briggs *et al.* (1961) un buen ensilaje debe de tener un pH de 3.70 a 4.30; sin embargo, se debe de considerar que en ensilajes de forrajes tropicales este valor es mayor (4.30-5.0) debido a las bacterias productoras de



ácido acético y no aquellas productoras de ácido láctico que son las que dominan la fermentación (Mc Donald, 1981).

El valor de pH está en función de la MS del ensilaje y de la proporción que exista entre las proteínas y los carbohidratos solubles, se considera que cuando un ensilaje alcanza valores inferiores a 4.2 se ha logrado su estabilidad fermentativa (Pezo, 1981; Muck, 1988). Leibensperger y Pitt (1987) informan que el pH mínimo que se debe alcanzar para reducir el crecimiento clostridial, en un ensilado de leguminosas con alto contenido de humedad, es de 4.0 - 4.5. Sin embargo, la aplicación de carbohidratos fácilmente fermentable como la melaza propicia un proceso fermentativo más intenso, favorece la fermentación láctica (McDonald, 1981), reduce las pérdidas por descomposición anaeróbica y el crecimiento de bacterias no deseadas (Catchpoole y Henzell, 1971), lo que incide en la disminución del pH.

#### **4.2.2. Capacidad Buffer (meq/100 g MS):**

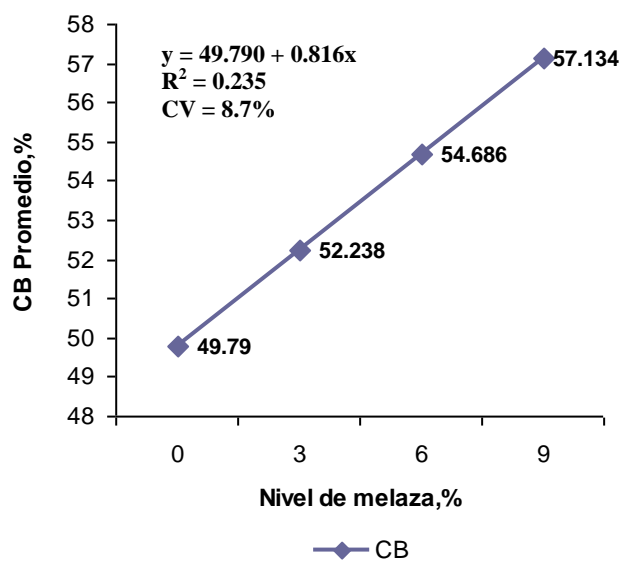
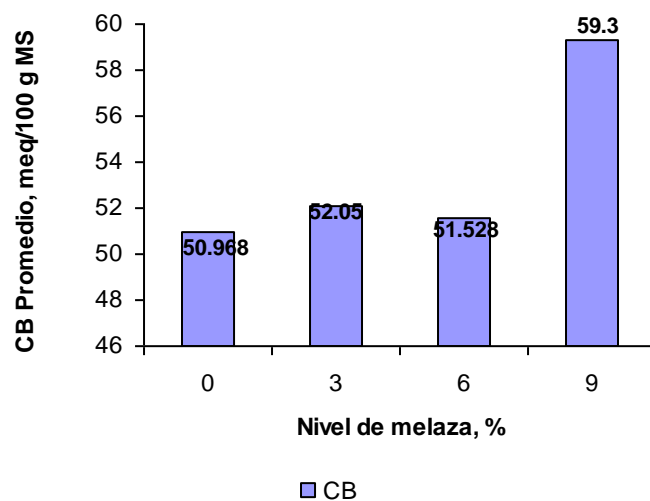
Tal como se muestra en el cuadro V la adición de melaza tuvo un efecto significativo sobre la capacidad buffer del ensilaje de *A. pinto* ( $p < 0.05$ ). En la figura 9 se observa que el tratamiento 1, sin adición de melaza, resultó con la

menor capacidad buffer (50.96 meq/100 g MS) que los demás tratamientos. Pero este no difirió estadísticamente de los tratamientos 2 y 3 ( $p>0.05$ ). Por otro lado, el tratamiento 4 presentó la mayor capacidad buffer (59.30 meq/100 g MS), pero este no fue diferente del tratamiento 2 y 3 ( $p>0.05$ ).

Plane y McDonald (1966), atribuyen la capacidad buffer del material a la presencia de sales de ácidos orgánicos, ortofosfatos, sulfatos ( $\text{SO}_4^-$ ), nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) y cloratos. Atribuyéndole un 10 a 20 por ciento de contenido proteico en los materiales ensilados. Según Moore y Peterson (1995), la alta capacidad buffer de las leguminosas, se contrarresta con aproximadamente 6 por ciento de ácido láctico en base seca.

Según Catchpoole y Henzell (1971), la aplicación de melaza reduce las pérdidas por descomposición anaeróbica y el crecimiento de bacterias no deseadas lo que incide en la disminución del pH y una menor capacidad buffer del material. Sin embargo, Sibanda *et al.* (1997) afirma que las leguminosas por su bajo contenido de carbohidratos no fibrosos y su alta capacidad buffer hacen difícil que el material se pueda ensilar sin aditivos.

**FIGURA 9. EFECTO DEL NIVEL DE ADICIÓN DE MELAZA SOBRE EL CONTENIDO DE LA CAPACIDAD BUFFER DEL ENSILAJE DE *Arachis pinto*.**

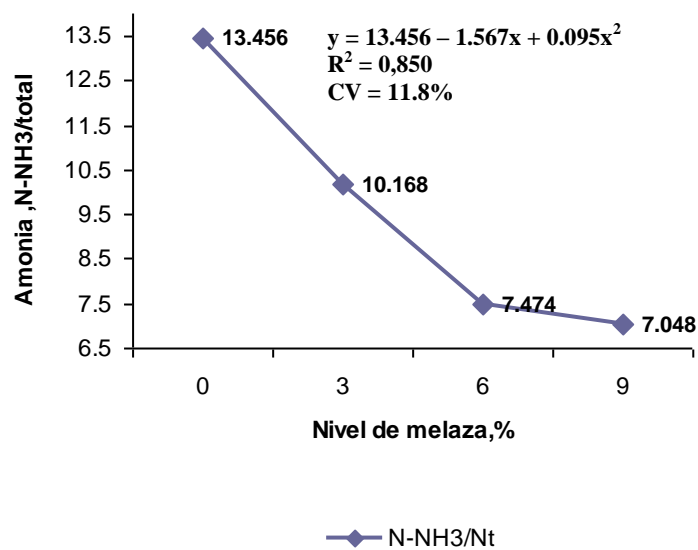
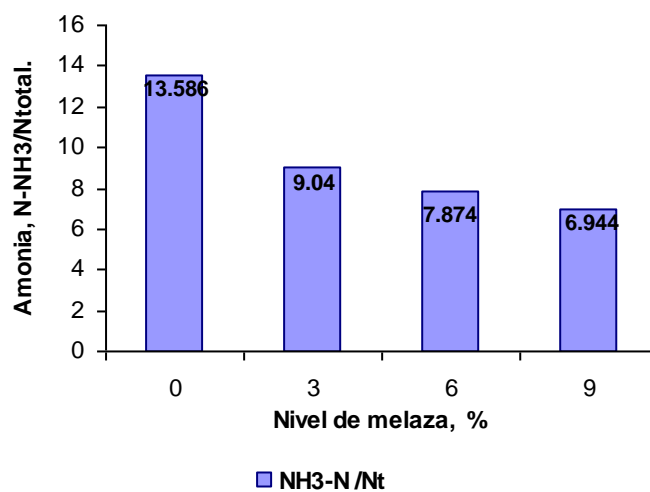


#### 4.2.3. Nitrógeno Amoniacal Como Contenido del N Total (N-NH<sub>3</sub>/Nt):

En el cuadro V se presentan los valores para el contenido de nitrógeno amoniacal como contenido del N total (N-NH<sub>3</sub>/Nt), el cual mostró diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) con la adición de la melaza. En la figura 10 se muestran las medias de tratamiento para la variable N-NH<sub>3</sub>/Nt, observándose que el valor más alto fue obtenido en el tratamiento 1 el cual obtuvo 13.58 por ciento de N-NH<sub>3</sub>/Nt sin adición de melaza y este difiere del tratamiento 2 con 3 por ciento de melaza, mientras que el valor menor se obtuvo en el tratamiento 4 con 9 por ciento de melaza pero este no difiere del tratamiento 3. Esta respuesta pudo deberse a que durante el ensilaje hubo poca degradación de las proteínas, lo cual indica una fermentación adecuada. 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).

Se ha encontrado que en ensilajes bien conservados se considera como óptima una concentración menor de 7 por ciento de N-NH<sub>3</sub>/Nt (Ojeda *et al.*, 1991). Una elevada concentración de N-NH<sub>3</sub>/Nt está asociada con una elevada proteólisis enzimática y microbial, por bacterias clostrídicas (Papadopoulos y McKersie, 1983). La presencia de NH<sub>3</sub> en los ensilajes está condicionada principalmente al metabolismo de los aminoácidos y los nitratos presentes en la planta por las bacterias (Ojeda *et al.*, 1991).

**FIGURA 10. EFECTO DEL NIVEL DE ADICIÓN DE MELAZA SOBRE EL CONTENIDO DE NITROGENO AMONICAL COMO CONTENIDO DEL NITRÓGENO TOTAL DEL ENSILAJE DE *Arachis pinto*.**



López (1989), De la Fuente (1990) y Vallejo (1995) lograron que la adición de melaza disminuyera sustancialmente la producción de  $\text{NH}_3$ , en silos de *P. purpureum*, *Gliricidia sepium* y especies leñosas, respectivamente.

El nivel de  $\text{N-NH}_3$  se relaciona inversamente con la concentración de carbohidratos solubles de la planta original. Es decir, las leguminosas forrajeras y las gramíneas en estados tempranos de desarrollo y con bajos contenidos de azúcares y alto contenido de proteína producen, al ensilarse, una cantidad de ácido insuficiente para evitar el desarrollo de clostridios responsables de fermentaciones secundarias que transforman el ácido láctico en butírico y degradan proteínas y aminoácidos aumentando el nivel de  $\text{N-NH}_3$  (Romero *et al.*, 1994).

Betancourt (2001), consiguió que el proceso de ensilaje en *Leucaena leucocephala* transcurriera de manera eficiente por los valores bajos de pH alcanzados (4.3) y los bajos contenidos de  $\text{N-NH}_3/\text{Nt}$  (7 por ciento). Esto es consistente con lo reportado en el estudio Erdman (1988) en donde el ensilaje el porcentaje de  $\text{N-NH}_3$  debería ser menor a 10 por ciento del  $\text{N-total}$  y el pH debería ser menor a 4.2 para no afectar el consumo potencial. El pH de 3.87 y el contenido de  $\text{N-NH}_3$  de 9.36 por ciento del  $\text{N-total}$  que presentó el ensilaje utilizado en este ensayo, se encuentran dentro de los valores citados anteriormente.

### 4.3. Características Organolépticas:

En el Cuadro VIII, se detallan las características organolépticas para cada tratamiento con la adición de melaza.

**CUADRO VIII. CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DEL ENSILAJE DE *Arachis pintoï* CIAT 18744 PARA LOS NIVELES DE ADICIÓN DE MELAZA.**

Parámetros	Tratamientos, Nivel de Melaza			
	0%	3%	6%	9%
<b>Color</b>	verde oliva	verde oliva	verde aceituna	verde aceituna
<b>Olor</b>	fruta fresca	fruta fresca	agradable fruta fresca	agradable fruta madura
<b>Humedad</b>	seco	seco	húmedo	húmedo

Escala de clasificación según Hiriart, 1998.

#### 4.3.1. Color:

El ensilaje tiende a ser verde amarillento o verde oliva y a veces dorado (Figura 11,12). Esto se debe a la acción de los ácidos orgánicos sobre la clorofila, que pierde su magnesio y tiende a un color castaño o moreno (Hiriart, 1998). Dado que los niveles bajos de pH están directamente relacionados con la alta concentración de ácidos orgánicos, especialmente ácido láctico y acético (McPherson y Violanti, 1966).

El color verde aceituna se encuentra en ensilajes que se han obtenido con una buena respiración de los trozos verdes de las plantas utilizadas (Figura 13,14), e implica que la temperatura máxima no rebasó los 30 grados centígrados. Este color se encuentra además en ensilajes elaborados con plantas tiernas. Su olor es generalmente agradable, ligero o definitivamente alcohólico. Comúnmente se trata de ensilajes de buena a excelente calidad (Hiriart, 1998).

Un ensilaje de calidad debe tener las siguientes características (Araujo y Cruz, 1996) pH de 3.9 a 4.2, color verde amarillento, sabor agradable (ligeramente ácido), olor agradable. Al abrir el silo: no debe estar muy caliente, no debe tener hongos y la humedad debe ser entre 70 y 73 por ciento.

**FIGURA 11. ENSILAJE DE *Arachis pinto* CON 0% DE MELAZA.**





**FIGURA 12. ENSILAJE DE *Arachis pintoi* CON 3% DE MELAZA.**



**FIGURA 13. ENSILAJE DE *Arachis pintoi* CON 6% DE MELAZA.**



**FIGURA 14. ENSILAJE DE *Arachis pintoï* CON 9% DE MELAZA.**



## 5. CONCLUSIONES

- La utilización de la melaza en la elaboración de ensilaje de ***Arachis pinto*** favoreció el proceso de fermentación. La capacidad buffer tendió a aumentar a medida que se incrementó el nivel de melaza y la acidez como la concentración de nitrógeno amoniacal disminuyeron.
- La utilización de la melaza en la elaboración de ensilaje de ***Arachis pinto*** causó una disminución en algunas características nutricionales del mismo.
- La materia seca fue igual para todos los tratamientos, en cambio la proteína cruda, fibra cruda, extracto etéreo y cenizas presentaron variaciones dependiendo del nivel de melaza añadido.
- A medida que se incrementó el nivel de melaza en el silo, la proteína cruda, fibra cruda, y extracto etéreo tendieron a disminuir, mientras que la ceniza aumentó.
- La utilización de la melaza en la elaboración de ensilaje de ***Arachis pinto*** favoreció las características organolépticas.
- El mejor perfil nutricional, características fermentativas y organolépticas fue obtenido cuando se adicionó melaza al seis por ciento.

## 6. RECOMENDACIONES

- Es importante que los ganaderos se interesen en aplicar técnicas tendientes a mejorar la dieta animal. Una de esas técnicas, es el uso de aditivos como la melaza en ensilajes de leguminosas como *Arachis pintoï*.
- Para conservar la calidad del ensilaje es importante su preservación, manteniendo sus características fermentativas, nutricionales y organolépticas.
- Con el incremento en los costos de los insumos alimenticios hay que buscar nuevas alternativas energéticas y proteicas para disminuir el uso de suplementos o concentrados y bajar los costos de alimentación del ganado.
- Antes de recomendar la utilización del ensilaje de *Arachis pintoï* por parte de los productores necesita ser evaluada económicamente, al igual que el consumo y palatabilidad por parte de los animales.

## 7. REFERENCIAS CITADAS

**AGUILERA, G. R.** 1975. Dinámica de la fermentación de ensilaje de hierbas tropicales. 1. Elefante Candelaria (*Pennisetum purpureum*) sin aditivos. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 9(2): 235-243.

**AGUILERA, G. R; LLAMAS, G; SHIMIDA, A.** 1992. Valor nutritivo del ensilaje de pasto Elefante enano (*Pennisetum purpureum*, Schum cv Taiwan), adicionado con un inhibidor y dos estimulantes de la fermentación. Técnica Pecuaria en México. 30(3): 196-207.

**A.O.A.C ASSOCIATION OFICIAL OF ANALYTICAL CHEMIST.** 1989. Methods of analysis. Washington D.C. p.69.

**ARAUJO, A. G; CRUZ, A. J.** 1996. **Elaboración de ensilaje. Guía Técnica. Programa de Producción Animal CENTA, San Andrés, La Libertad. El Salvador, C.A.**

**BAREEBA, F. B.** 1977. The ensilage characteristics and nutritive value of maize, amaranthus – enriched maize and sorghum silages preserved with either molasses or formaldehyde, M.S.c (Agric) Thesis, Makerere University, Uganda.

**BARNETT, A. J.G.** 1957. Fermentación del Ensilado. Madrid, Aguilar. p. 208

**BETANCOURT, M.** 2001. Efecto de la melaza, ácido fórmico y tiempo de fermentación sobre la ensilabilidad de la *Leucaena leucocephala*. Trabajo de grado. LUZ Facultad de Agronomía. Luz Maracaibo, Venezuela. p.84.

**BOIN, C.** 1975. Elephant (Napier) grass silage production: effect of additives on chemical composition, nutritive value and animal performance. PhD Thesis, Cornell University.

**BOLSEN, KEITH K.** 2000. History and the ensiling process. Kansas State University. Manhattan, Kansas.

**BOLSEN, K. K; ASHBELL, G; WILKINSON, J. M.** 1995. Silage additives. in: A. Chesson & R.J. Wallace (eds) Biotechnology in Animal Feeds and Animal Feeding. Weinheim, Germany: VCH Press. p. 33-54.

- BRIGGS, A. R; LANGSTON, C. W; ARCHIBALD, J. G.** 1961. Definition of silage terms. *Agronomy Journal* 53(4):280-282.
- CARPINTERO, M. C; HOLDING, A. J; MCDONALD, P.**1969. Fermentation studies on lucerne. *J. Science, Food & Agriculture*, 20(11):677-681.
- CATCHPOOLE, V. R; HENZEL, E. F.** 1971. Silage and silage making from tropical herbage species. *Herbage Abstracts* 41 (3):213-221
- CAÑAS, C. R.** 1995. Alimentación y nutrición animal. PUC. Santiago, Chile.
- CHURCH, D. C; POND, W. G.** 1992. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. Limusa. México.
- CIAT.** 1997. Gramíneas y Leguminosas Tropicales: Optimización de la diversidad genética para usos múltiples (Proyecto IP-5). Informe Anual p. 86 -87.
- CORREA, H.** 1980. "Ensilaje". En: Boletín Técnico, No. 4, Carnation Genetics, Querétaro, 27p.
- DE LA FUENTE, B. A.** 1990. Estudio de aditivos y cinética del ensilaje de madero negro (*Gliricidia sepium*). Tesis Magíster. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 97 p.
- ELIZALDE, J. C; REARTE, D. H; SANTINI, F. J.** 1992. Corn silage supplementation of cows grazing winter oats. Dynamics of digestion and ruminal environment. *Anim. Feed Sci. Technol.* 38:161.
- ERDMAN, R. A.** 1988. Dietary buffering requirements of lactating dairy cows. A review. *J. of Dairy Sci.* 71: 3246.
- F.A.O. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y ALIMENTARIA.** 2006. Serie divulgativa. Vol.14, Num.2. pp. 65-72
- FLORES, M. J.** 1977. Bromatología animal. Editorial Limusa. México. pp.683
- GOIC, M. I; HIRIART, L. M.** 1979. Estimación de la calidad nutritiva de los ensilajes en la región de los Lagos, Boletín Técnico núm.48, INIA, Estación Experimental Remehue, Osorno, Chile, pp.11.
- GUTIÉRREZ, M.**1996. Pastos y forrajes en Guatemala, Su manejo y utilización base de la producción animal. Editorial E y G. 318p.
- HENDERSON, N.** 1993. Silage additives. *An. Feed Sc. Techn.*, 45: 35-56.

- HIRIART, L. M.** 1984. Ensilaje, composición química – calidad fermentativa – valor nutritivo, Investigación y Progreso Agropecuario Carillanca, 3(2), Chile, pp.28 -30.
- HIRIART, L. M.**, 1998. Ensilados: Procesamiento y calidad. México: Trillas pp.94.
- LEIBENSPERGER, R; PITT, R.** 1987. A model of clostridial dominance in silaje. Grass forage Sci. 42:297-317.
- LITTLE, T; HILLS.** 1991. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. Editorial Trillas. p. 270.
- LÓPEZ, J. V.** 1989. Cinética de la fermentación en ensilajes de pasto elefante enano (*Pennisetum purpureum*, Schum) cv. Mott con diferentes niveles de melaza como aditivo Tesis Magíster Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- LUIS, L; RAMÍREZ, M.** 1989. Efecto de la adición de azúcares sobre la Flora microbiana de ensilaje de *Chloris gayana* cv Callide. Pastos y Forrajes 12(3):279-283.
- MAASS, B. L; TORRES, A. M; OCAMPO, C. H.** 1993. Morphological and y isozyme characterisation of *Arachis pintoi* Krap. et Greg. nom nud. Germplasm. Euphytica 70:43 – 52.
- MARAMBIO, J; RETAMAL, N.** 1976. Uso de aditivos en ensilajes. 1. Utilización de melaza y ácido fórmico en pradera cosechada en dos estados de madurez. Agro Sur. 4: 76.
- MCDONALD, P.** 1981. The biochemistry of silage. John Wiley & Sons. Chichester, New York, USA. 226p.
- MCDONALD, P; HENDERSON, A.** 1962. Buffering capacities of herbage Samples as factor of silage. Journal of Science and Food Agriculture (13): 395-400.
- MCPHERSON, H. T; VIOLANTI, P.** 1966. Ornithine putrescine and cadaverine in farm silaje. Journal of the Science Food of Agriculture 17: 124-127.
- MERRY, R. J; LOWES, K. F; WINTERS, A.** 1997. Current and future approaches to biocontrol in silage. p. 17-27.
- MOORE, K; PETERSON, M.** 1995. Post-harvest physiology and preservation of forages: proceedings of a symposium sponsored by C6 of the Crop Science Society of America. CSSA special publication: 22. 115 p.

- MOTT, G.** 1970. Evaluación de la producción de forrajes En Forrajes. La ciencia de la agricultura basada en la producción de pastos. México. pp.131-141
- MUCK, R.** 1988. Factors influencing silage quality and their implications for management J.Dairy Sc. 71(11):2992-3002.
- MUÑOZ, A; HOLT, E; WEAVER, R.** 1983. Yield and quality of soybean hay as influenced by stage of growth and plant density. Agronomy Journal 75: 147- 149.
- NEVENS, B. G.** 1960. Principio de producción lechera. Traducida por César Fernández Quintanilla. Madrid, Salvat editores, S.A. pp.431-438.
- NIETO, J.** 2004. Caracterización nutricional y productiva del material fresco y ensilado de maní forrajero cultivado en asocio con maíz a tres densidades de siembra. Tesis programa de estudios de Postgrado en Ciencia Agrícolas y Recursos Naturales para optar al grado de Magister Scientiae. Universidad de Costa Rica. 68 p.
- OJEDA, F; CÁCERES, O; ESPERANCE, M.** 1991. Conservación de Forrajes. Editorial Pueblo y Educación. 80 p.
- OJEDA, F; ESPERANCE, M; LUIS, L.** 1987. Ensilajes de Pastos Tropicales. Pastos y Forrajes. 10:189.
- OJEDA, F; CÁCERES, O.** 1984. Efecto de los aditivos químicos sobre el consumo y la digestibilidad de los ensilajes de King grass. Pastos y Forrajes p. 7; 409.
- OJEDA, F.** 1986. Estudio de los aditivos químicos para la conservación como ensilajes de cuatro gramíneas tropicales. Tesis presentada en opción al grado de candidato a Dr. En Ciencias Agropecuarias. ICA- ISCAH. La Habana, Cuba. 224p.
- OLSEN, J; ALLERMANN; K.** 1991. La biomasa microbiana como fuente de proteína. Biotecnología Básica. Editorial Acribia. España. 65-72p.
- PALMSQUIST, D; JENKINS, T.** 1980. Fat in lactation rations: Review. Journal of Dairy Science 63:1-14.
- PALMSQUIST, D. L.** 1986. Fat supplements for lactating cows. Ohio Dairy Day. The Ohio State University. Wooster, Ohio.
- PANDITHARANE, S; ALLEN, V. G; FONTENOT, J. P; JAYASURIYA, M.C.N.** 1986. Ensiling characteristics of tropical grasses as influenced by stage of growth, additives and chopping length. *J. Anim. Sci.*, 63(1): 197-207.



- PAPADOPOULOS, Y. A; MCKERSIE, B. D.** 1983. A comparison of protein degradation during wilting and ensiling of six forages species. *Canadian J. Plant Science*, 63(4):903-912.
- PEZO, D.** 1981. Ensilajes de forrajes tropicales. In *Producción y Utilización de Forrajes en el Trópico*. Compendio. Serie Materiales de Enseñanza N° 10. CATIE. Turrialba, Costa Rica, pp. 141-154.
- PINZÓN, B; ÁVILA, M; MONTENEGRO, R.** 1996. Resultados preliminares de la introducción de *Arachis pintoï* en pasturas de Pangola y *Brachiaria* en Panamá. En: P. J. Argel y A. Ramírez P. (eds.). *Experiencias regionales con arachis pintoï y planes futuros de investigación y promoción de la especie en México, Centroamérica y el Caribe*. Centro Internacional de Agricultura Tropical ( CIAT), Cali, Colombia. Documento de trabajo N° 159. p. 26 – 34.
- PLANE M.; MCDONALD P.** 1966. The buffering constituents of herbage and of silage. *Jornal Science Food Agriculture* 17:264-268.
- RAMÍREZ, M.** 1988. Evolución de la flora microbiana en un ensilaje de King grass. *Pastos y Forrajes*. 11(3):249-253.
- REIBER, C; CRUZ, H; PETERS, A.** 2005. El ensilaje alternativa para conservar forrajes. Plegable. Programa de Forrajes Tropicales, Centro Internacional de Agricultura Tropical.
- ROJAS, B. A; VILLAREAL, M; HIDALGO, E; QUAN, A.** 1999. Validación del uso de maní forrajero (*Arachis pintoï*) para terneras de lechería I. Reducción de concentrado y empleo del maní como única fuente forrajera en terneras Jersey. *Agronomía Costarricense* 23:7-11. Disponible en [http://www.mag.go.cr/rev\\_agr/v23n01\\_007.pdf](http://www.mag.go.cr/rev_agr/v23n01_007.pdf)
- ROMERO, L; BRUNO, O; GAGGIOTTI, M; QUAINO, O.** 1994. Cultivares de soja Bajo pastoreo: Efecto de diferentes asignaciones de materia seca de hoja. Informe técnico N° 53 INTA EEA Rafaela. 10 p.
- ROMERO, L.** 2006. Revista producir XXI. INTA – EEA.
- SHERMAN, P. J; RIVEROS, F.** 2000. Gramíneas tropicales. *Producción y Protección Vegetal*. Colección FAO. Roma.
- SIBANDA, S; JINGURA, R; TOPPS J.** 1997. The effect of level of inclusión of the legume *Desmodium uncinatum* and the use of molasses or ground maize as additives on the chemical composition of grass- and maize-legume silages. *Animal Feed Science and Technology* 68:295-305.

- SILVEIRA, A. C; TOSI, H; DE FARIA, V. P; SPERS, A.** 1973. Efeito de diferentes tratamentos na digestibilidade in vitro de silagens de capim Napier. Rev. Soc. Bras. Zoot., 2(2): 217-226.
- TITTERTON, M.** 2006. Depto. de Ciencia Animal, Universidad de Zimbabwe y F.B. Bareeba. Makerere University de Uganda.
- TJANDRAATMADJA, M; MACRAE, I. C; NORTON, B. W.** 1993. Effect of the inclusión of tropical tree legumes, *Gliricidia sepium* and *Leucaena leucocephala*, on the nutritive value of silages. Prepared from tropical grasses. Sci. Cambridge. 120: 397-406
- VALLEJO, M. A.** 1995. Efecto del premarchitamiento y la adición de melaza sobre la calidad del ensilaje de diferentes follajes de árboles y arbustos tropicales. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE 115 p.
- VALLS, J. F. M.** 1992. Origem do germoplasma de *Arachis pintoi* disponivel do Brasil. En: E.A. Pizarro(ed). Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales – RIEPT. 1ª. Reunión Sabanas, 23-26 de Noviembre de 1992, Brasilia, Brasil. Documento de trabajo No.117. EMBRAPA,CPAC,CIAT.P.81-96.
- VALLS, J. F. M; SIMPSON, C. E.** 1995. Taxonomía, distribución natural y atributos de *Arachis*. En: P. C. Kerridge (ed.). Biología y agronomía de especies forrajeras de *Arachis*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. Publicación N<sup>o</sup>245. p.1-20.
- VILLAREAL, M; VARGAS, W.** 1996. Establecimiento de *Arachis pintoi* y producción de material para multiplicación. En: P. J. Argel y A. Ramírez P.(eds.). Experiencias regionales en *Arachis pintoi* y planes futuros de investigación y promoción de especies en México, Centroamérica y el Caribe. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. Documento de trabajo N<sup>o</sup> 159. p. 79 – 99.
- WEINBERG, Z. G; MUCK, R. E.** 1996. New trends and opportunities in the development and use of inoculants for silage. FEMS Microbiol. Rev., 19: 53-68.
- WINGCHING, R; ROJAS, A.** 2006. Revista: Agronomía Mesoamericana. Dinámica fermentativa y fraccionamiento proteico durante el ensilaje de Maní Forrajero (CIAT 17434). Volumen 18(1):55-63. Disponible en <http://www.cia.ucr.ac.cr>
- WOOLFORD, M. K.** 1984. The Silage Fermentation. New York, NY: Dekker., pp.62.

