

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS  
DEPARTAMENTO DE QUIMICA AGRICOLA



**“ALTERNATIVAS PARA LA ALIMENTACIÓN DE GANADO BOVINO:  
PREPARACIÓN DE ENSILAJES A PARTIR DE SUBPRODUCTOS AGRICOLAS  
Y RESIDUOS DE MERCADO.”**

POR:

ARGUETA VIGIL, RUTILIO.

CUCHILLA ALVARADO, CARLOS BALTAZAR.

GUERRERO PADILLA, GUSTAVO ENMANUEL.

REQUISITO PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO AGRONOMO

SAN SALVADOR, 24 DE MARZO DE 2007.



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

RECTORA: Dra. MARIA ISABEL RODRIGUEZ

SECRETARIO GENERAL: Lic. ALICIA MARGARITA RIVAS DE RECINOS

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS**

DECANO: Ing. Agr. JORGE ALBERTO ULLOA

SECRETARIO: Ing. Agr. SANTOS ALIRIO SANDOVAL

**JEFE DEL DEPARTAMENTO DE QUIMICA AGRICOLA**

Dra. FRANCISCA CAÑAS DE MORENO

DOCENTE DIRECTOR:

Ing. Agr. JOAQUIN MIGUEL CASTRO MONTOYA

## RESUMEN.

La investigación se realizó en la estación experimental y de prácticas de la Universidad de El Salvador, ubicada en el municipio de San Luís Talpa, departamento de La Paz, en el período comprendido entre los meses de Junio de 2006 a Marzo de 2007.

Esta investigación está basada en la búsqueda de alternativas de alimentación para ganado bovino, a partir de subproductos agrícolas y residuos de mercado, y sus objetivos fueron determinar el valor nutritivo de los ensilajes a través del análisis proximal, estimar la digestibilidad *in vivo* de los materiales evaluados, así como también, estimar la degradabilidad *in situ* de los mismos. Para determinar los materiales a utilizar en el ensayo se realizó una encuesta de disponibilidad de frutas y verduras de desechos de mercados municipales, la cual fue dirigida a los comerciantes del mercado mayorista "La Tiendona".

El ensayo consta de tres fases: *Fase de gabinete*: Esta fase comprendió la elaboración de la encuesta, con la cual se determinó la cantidad y tipo de materiales disponibles para esta investigación; *Fase de campo*: Recolección de los materiales y transporte de los mismos al lugar definitivo, para la preparación de los diferentes ensilados; *Fase de laboratorio*: se llevó a cabo en el laboratorio de Química Agrícola de la facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador; la cual comprendió los análisis de Van Soest y bromatológico en una muestra de alimento.

Los ensilajes elaborados fueron: Ensilaje de pseudotallo de musáceas, cáscaras de plátano, frutas y como testigo un ensilaje de sorgo. El análisis estadístico de los datos se hizo a través del programa estadístico NOWAY; al analizar los resultados obtenidos a través de este programa, se pudo observar que la degradabilidad *in situ* de los diferentes ensilajes fueron: el ensilaje de cáscaras de plátano, presenta un valor de Degradación Ruminal (Der.) de 76.82%, y la fracción de rápida degradación para este material es de 60.97%, la fracción de lenta degradación es de 26.63%; siendo este ensilaje el que dio los mejores resultados; seguido del ensilaje de frutas, con una Der. de 52.82%, con una fracción de rápida degradación de 34.31% y una fracción de lenta degradación de 27.78%.

## **AGRADECIMIENTOS.**

- ❖ A DIOS todopoderoso: Por guiarme por el camino del bien, darme la fuerza y sabiduría necesaria para no desmayar.
  
- ❖ A mi madre: María Adalila Argueta V, por todo el apoyo que me brindo durante todo momento; y por ayudarme a salir adelante en los momentos más difíciles de mi carrera.
  
- ❖ A mis abuelos: Cristóbal Argueta N; Maria Florinda V, por su apoyo incondicional y sus consejos brindados para superar los obstáculos de la vida.
  
- ❖ A mis tias: Melida Argueta V; Blanca Elizabeth Argueta V, por apoyarme desinteresadamente en mi formación profesional.
  
- ❖ A mis compañeros de estudio: (Arturo, Mauricio, Juan José, Mónica, Claudia, Omar, Abel, Mario, Roberto, Stanley, Carlos, Gustavo, Chepe, Moisés, Adalid, Miguel, Jorge, Daniel, Américo). Por su mutuo apoyo y su espíritu de amistad que me brindaron durante toda mi carrera.
  
- ❖ A mis amigos: (Milton, Joaquín, Luís, Don Nico, Don Pedro, Romeo, etc.) Que de una forma incondicional me ayudaron, mis más sinceros agradecimientos.

Rutilio Argueta Vigil.

- ❖ Agradezco de todo corazón a DIOS todo poderoso por haberme dotado de la capacidad necesaria para alcanzar esta meta.
- ❖ A mis padres: José René Cuchilla y Blanca Luz de Cuchilla, por todo su apoyo, tanto económico como moral, a lo largo de toda mi vida y formación profesional.
- ❖ A mi esposa Karen Elizabeth Rivas de Cuchilla por todo su amor y apoyo.
- ❖ A mis compañeros y amigos que de una manera u otra han colaborado en el logro de esta meta.
- ❖ A nuestro docente director: Joaquín Miguel Castro M. por su colaboración incondicional en el desarrollo de este trabajo.
- ❖ Al jefe del departamento de Química Agrícola: Dra. Francisca Cañas de Moreno por permitirnos de manera incondicional el uso de las instalaciones del laboratorio de Química Agrícola, par la ejecución de este trabajo.
- ❖ A los docentes del departamento de Química Agrícola, especialmente al Ing. Juan Milton Flores T. por su incondicional apoyo en el desarrollo de este trabajo.

Carlos Baltazar Cuchilla Alvarado.

- ❖ A dios todopoderoso: Por guiarme por el camino del bien, darme la fuerza y sabiduría necesaria para no desmayar.
  
- ❖ A mis padres: Noemí Padilla (mimi) y Papa Tabo, por todo el apoyo que me brindo durante todo momento; y por ayudarme a salir adelante en los momentos más difíciles de mi carrera.
  
- ❖ A mi hermana: Nely Leticia Padilla, por darme la fuerza y sabiduría necesaria para no desmayar.
  
- ❖ A mis hijos: Gustavo, José (nito) por comprenderme y apoyarme en mi formación profesional.
  
- ❖ A mis sobrinos: (Marvin, Youe, Erick), por su apoyo en mi carrera.
  
- ❖ A mis compañeros de estudio: (Arturo, Mauricio, Juan José, Mónica, Claudia, Omar, Abel, Mario, Roberto, Stanley, Carlos, Gustavo, Chepe, Moisés, Adalid, Miguel, Jorge, Daniel, Américo, Rutilio, Cuchilla). Por su mutuo apoyo y su espíritu de amistad que me brindaron durante toda mi carrera.
  
- ❖ A mis amigos: (Milton, Joaquín, Roberto (loco), Pato, Robin, Fabio, Mónica, Nubia, Bubis, Tomy, Don Nico, Don Pedro, Romeo, etc.) Que de una forma incondicional me ayudaron, mis más sinceros agradecimientos.

Gustavo Enmanuel, Guerrero P.

## INDICE

1. INTRODUCCION.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1. OBJETIVO GENERAL .....	3
2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS. ....	3
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA. ....	4
3.1 Anatomía bovina .....	4
3.1.1 Anatomía y función del tracto gastrointestinal de los rumiantes. ....	4
3.1.2 El estomago de los rumiantes. ....	4
3.1.3 Diferencia entre las necesidades nutricionales de los rumiantes con las especies monogástricas. ....	5
3.2.1 Clasificación de los alimentos. ....	6
3.2.2. Subproductos agropecuarios utilizados en alimentación animal. ....	22
3.3. Características de los Caprinos.....	28
3.3.1. Requerimientos alimenticios diarios. ....	28
3.3.2. Consumo.....	29
3.3.3. Selectividad. ....	29
3.4. Evaluación Química de los alimentos. ....	30
3.4.1 Análisis proximal.....	30
3.4.2. Análisis de Van Soest.....	32
3.5. Evaluación biológica de los alimentos. ....	33
3.5.1 Pruebas de digestibilidad.....	33

4. MATERIALES Y METODOS.....	40
4.1. Fase de gabinete: .....	40
4.2. Fase de campo. ....	41
4.2.1 Ensilaje de frutas. ....	42
4.2.2 Ensilaje de cáscara de plátano. ....	43
4.2.3. Ensilaje de Musáceas:.....	44
4.2.4. Ensilaje de sorgo.....	44
4.2.5. Comportamiento de los parámetros evaluados durante el período de fermentación de los ensilados.....	45
4.2.5. Diseño y fabricación de las jaulas. ....	49
4.2.6. Montaje del ensayo.....	50
4.2.7. Recolección de muestras de heces.....	52
4.2.8. Recolección de muestras de orina. ....	53
4.2.9. Pruebas de degradabilidad <i>in situ</i> . ....	54
4.3. Fase de laboratorio.....	55
4.3.1. Análisis bromatológico.....	55
4.3.2 Degradabilidad <i>in situ</i> .....	60
4.4. Metodología Estadística. ....	63
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	65
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. ....	78
7. BIBLIOGRAFIA.....	81
8. ANEXOS.....	83

## INDICE DE TABLAS.

<b>Tabla 1.</b> Valores analíticos de distintas fuentes de melaza.....	23
<b>Tabla 2.</b> Valores de T° durante el periodo de fermentación de lo ensilajes (°C). .....	45
<b>Tabla 3.</b> Valores de pH durante el periodo de fermentación de los ensilajes.....	48
<b>Tabla 4.</b> Resumen de los análisis químicos de los ensilajes en estudio.....	65
<b>Tabla 6.</b> Datos promedio de la degradabilidad de la M. S. según programa estadístico NOWAY. (%). .....	71
<b>Tabla 8.</b> Datos promedio de la degradabilidad de la M. O. según programa estadístico NOWAY (%). .....	74
<b>Tabla 5.</b> Degradabilidad promedio de la M. S. según tiempos de incubación. (%).....	70
<b>Tabla 7.</b> Degradabilidad promedio de la M. O. según tiempos de incubación (%).....	73

## INDICE DE FIGURAS.

<b>Figura 1.</b> Transporte de los materiales .....	41
<b>Figura 2.</b> Acopio de lo materiales. ....	41
<b>Figura 3.</b> Picadora mecánica.....	42
<b>Figura 4.</b> Picado de los materiales.....	42
<b>Figura 5.</b> Ensilaje de cáscara de plátano.....	43
<b>Figura 6.</b> Temperatura de los ensilajes durante el período de fermentación.....	46
<b>Figura 7.</b> pH de los ensilajes durante el periodo de fermentación.....	49

<b>Figura 8.</b> Fabricación de las jaulas .....	50
<b>Figura 9.</b> Jaula terminada. ....	50
<b>Figura 10.</b> Montaje del ensayo. ....	50
<b>Figuras 11 y 12.</b> Etapa de adaptación y evacuación de los animales. ....	51
<b>Figura 13.</b> Recolección de heces .....	52
<b>Figura 14.</b> Pesado de las heces. ....	52
<b>Figuras 15 y 16.</b> Determinación de fibra ácido y neutro detergente. ....	56
<b>Figura 17.</b> Curva de degradación ruminal. ....	64
<b>Figura 18.</b> Degradabilidad ruminal de la materia seca. ....	72
<b>Figura 19.</b> Degradabilidad ruminal de la materia orgánica. ....	75

## 1. INTRODUCCION.

El salvador está situado en la América Central en la zona tórrida, al norte de la línea Ecuatorial, lo más característico del clima de este país, son sus dos bien marcadas épocas: una seca llamada verano, que se extiende desde octubre hasta finales de abril y otra lluviosa llamada invierno que va desde mayo hasta octubre. En estas épocas se cambia radicalmente el paisaje del país, siendo la época seca la más crítica en cuanto a la disponibilidad de alimentos para el ganado vacuno debido a la ausencia de lluvias y, a las altas temperaturas predominantes durante todo este período, convirtiéndose esto en un grave problema para los ganaderos, sean estos grandes medianos o pequeños, ya que estos se ven en la necesidad de almacenar parte de los alimentos producidos durante los meses de época lluviosa, en cantidades suficientes para mantener el ganado en la época seca, que es la época de escasez de alimento para lo cual hacen uso de diferentes métodos como el ensilado y el henificado.

En virtud de lo anterior se realizó este estudio, el cual esta basado en la búsqueda de alternativas económica y nutricionalmente viables para la alimentación de ganado bovino, a través de la evaluación de tres nuevos materiales (cáscaras de plátano, pseudotallo de musáceas y frutas), los cuales pueden ser utilizados fácilmente, en la elaboración de ensilajes para la alimentación de ganado bovino a fin de combatir mas de un fenómeno nocivo para la socioeconomía y ecología del país, específicamente en la época seca con los cuales puede lograrse además buenos rendimientos en carne y leche. Ya que, en El Salvador existen actualmente unas 2,800 manzanas cultivadas con musáceas, (banano y plátano específicamente), las cuales durante casi todo el año, reciben un manejo agronómico que deja como residuo las hojas provenientes de las podas y los pseudotallos que son cortados durante la cosecha obteniéndose aproximadamente 39,200,000 lbs. de materia fresca; al mismo tiempo una gran cantidad de vegetales y frutas rechazados por el mercado o no adquiridos por los

consumidores son también desperdiciados y por consiguiente son arrojados a los basureros municipales los cuales al descomponerse generan contaminación de los mantos acuíferos a través de los lixiviados.

Las alternativas de alimentación para ganado bovino que se presentan en este trabajo, son viables desde el punto de vista económico, ya que estos materiales pueden ser obtenidos a muy bajo precio, debido a que son materiales que por lo general se desechan y los únicos gastos que implican, son los gastos por el transporte de los mismos, lo que reduce los costos por alimentación del ganado, generando de esta forma mayor ganancia para los ganaderos que utilicen dicha técnica; no obstante de los tres materiales estudiados, el que ofrece mejores características tanto a la hora de ensilar como al momento de ofrecerlo al ganado es el ensilaje de cáscaras de plátano, aun que, presenta algunos inconvenientes como el bajo contenido de fibra, por lo que debe ser suministrado con otro material que aporte las cantidades de fibras recomendadas en la alimentación de ganado, tal es el caso de los henos. Además del ensilado de cáscaras de plátano, otro de los materiales que representa una buena alternativa es el ensilaje de frutas, aunque es necesario realizar un tratamiento previo para contrarrestar el exceso de humedad presente en este material y evitar problemas al momento de ensilar.

## **2. OBJETIVOS.**

### **2.1. OBJETIVO GENERAL**

Encontrar y evaluar alternativas de alimentación bovina nutricional y económicamente viables a partir de subproductos agrícolas y residuos de mercado.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.**

- Determinar el valor nutritivo del ensilaje a partir de subproductos agrícolas y residuos de mercado a través del análisis proximal.
- Estimar la digestibilidad *in vivo* de los materiales evaluados.
- Estimar la degradabilidad *in situ* de los ensilajes estudiados.
- Recomendar desde el punto de vista económico cual de los materiales en estudio representa una mejor opción para la alimentación de bovinos.

### **3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.**

#### **3.1 Anatomía bovina**

##### 3.1.1 Anatomía y función del tracto gastrointestinal de los rumiantes.

El tracto gastrointestinal de los rumiantes consta básicamente de boca y estructura y glándulas asociadas, esófago, estomago dividido en cuatro compartimentos (retículo, rumen, omaso, abomaso), intestino delgado y grueso, páncreas e hígado. La boca de los rumiantes difiere de otras especies de mamíferos en que carecen de incisivos superiores y de caninos, así también para la aprensión de los alimentos dependen de la almohadilla dental superior y de los incisivos inferiores juntos con los labios y la lengua. Los rumiantes pueden dividirse en consumidores de alimentos fibrosos, seleccionadores y de tipo de transición; estos diversos tipos hacen uso de la diferencia en la movilidad de la lengua y estructura de los labios, especialmente para facilitar la selección y consumo de alimentos. (Church, 1977).

Para la masticación los rumiantes poseen dientes molares conformados y espaciados de tal manera que el animal solo puede masticar a un lado de la mandíbula al mismo tiempo.

La producción de saliva es muy abundante en los rumiantes, alcanzando cantidades superiores a los 150 lt/día en vacas adultas y 10 lt o más en ovejas. La saliva es una fuente de nitrógeno (urea y muco proteínas), fósforo y sodio, que utilizan los microorganismos del rumen, constituyen también un tampón que permite mantener el ph del rumen, además de realizar otras funciones comunes con las especies monogástricas. (Church, 1977).

##### 3.1.2 El estomago de los rumiantes.

El estomago de los rumiantes se divide en cuatro compartimentos que son: retículo, rumen, omaso, y abomaso. El retículo y el rumen no están separados

totalmente, aunque difieren funcionalmente; el retículo tiene como misión mover los alimentos ingeridos hacia el interior del rumen u omaso, e interviene en la regurgitación de la ingesta durante la rumia. El rumen actúa como un gran tanque de fermentación que dispone de una elevadísima población de microorganismos. No se conoce con claridad la función del omaso, aunque parece ser que favorece la reducción del tamaño de las partículas del alimento ingerido y en el mismo se produce cierta absorción; el abomaso se considera comparable al estomago gástrico de las especies monogástricas. El estomago de los rumiantes representa un porcentaje superior del tracto gastrointestinal total con relación a otras especies. En los animales adultos, el estomago puede contener del 65-80% de la digesta encontrada en todo el tracto gastrointestinal. El tubo intestinal es relativamente largo siendo los valores típicos para vacunos y ovejas, respectivamente de; 40 y 24-25 mts de intestino delgado; 0.7 y 0.25 mts de ciego, 10 y 4-5 mts de colon (Church, 1977).

### 3.1.3 Diferencia entre las necesidades nutricionales de los rumiantes con las especies monogástricas.

Existen tres diferencias aparentes e importantes entre las necesidades nutritivas de los rumiantes y las correspondientes a los animales monogástricos las cuales son:

- A) Los rumiantes pueden obtener buena parte de su energía de compuestos fibrosos tales como la celulosa, mientras que la mayoría de los no rumiantes solamente pueden utilizar cantidades limitadas de materiales fibrosos.
- B) Los rumiantes no tienen unas necesidades dietéticas de aminoácidos solamente precisan de nitrógeno o de proteína bruta.
- C) Los rumiantes no necesitan recibir con la dieta las vitaminas del complejo "B".

La totalidad de estas tres diferencias son consecuencia de los microorganismos presentes en el rumen que fermentan la celulosa y otros carbohidratos complejos; para obtener energía sintetizan la proteína microbiana a partir de una amplia variedad de fuentes de nitrógeno incluyendo el nitrógeno no proteico (NNP), y sintetizar la vitamina "B". Como resultado de la fermentación ruminal, los rumiantes son capaces de convertir alimentos de baja calidad, que no son utilizados o se utilizan mal por los no rumiantes en carne y leche de elevada calidad que pueden ser utilizadas por el hombre. (Church, 1993).

### **3.2. Clasificación de los alimentos.**

En el estudio de la nutrición y la alimentación animal, es necesario conocer los diferentes tipos de alimentos o piensos, ya que estos son la materia prima esencial para la producción animal. La conveniencia de un determinado alimento depende de varios factores los cuales se citan a continuación:

Los costos, suponen un factor importante y, por lo general se destinan a los animales aquellos productos que no son comestibles para el hombre, o los que se producen en cantidades que superan las necesidades humanas en un determinado país o localidad; aunque en países con índices de pobreza elevados, este último factor no se cumple ya que las producciones agrícolas obtenidas no alcanzan a cubrir las necesidades humanas ni mucho menos las necesidades de alimentación animal. Otros factores que influyen sobre la conveniencia en el uso de un alimento en especial son su aceptabilidad por parte del animal, la capacidad de cualquier especie o clase animal para utilizar un determinado producto, su contenido de nutrientes y las facilidades para la manipulación y molturación del producto. (Church, 1977).

Un alimento puede ser definido como cualquier componente de una ración que desempeñe una función útil, que proporcionan al ser vivo materia o energía, o regulan su equilibrio nutritivo, contribuyendo al normal desarrollo y crecimiento del organismo en los primeros periodos de la vida y al mantenimiento fisiológico y producción económica después, en la época adulta (Revuelta G, 1963).

La mayoría de los alimentos proporcionan uno o varios nutrientes, aunque también pueden incluirse ingredientes para proporcionar volumen, reducir la oxidación de nutrientes, para emulsionar las grasas, proporcionar sabor, olor, u otros factores relacionados con la aceptabilidad sin servir estrictamente como fuente de nutrientes. (Church, 1977).

La clasificación normal de los alimentos sigue esencialmente, el siguiente orden:

- **Alimentos fibrosos verdes.**

Hierbas extensivas y plantas consumidas verdes, forrajes troceados verdes, vegetales consumidos en pastizales en fase de crecimiento como:

- Pastos naturales: Hierba (de pastizal, de prado natural, de prados pantanosos)
- Pastizales cultivados: Hierbas de pastos regados, saneados, drenados, etc.
- Prados artificiales: Praderas artificiales, constituidas por varias o múltiples especies vegetales. Praderas con cultivo único de una especie vegetal (alfalfa, trébol, etc.)
- Cultivos forrajeros: Cereales forrajeros (centeno, avena, maíz, sorgo, etc.)  
leguminosas forrajeras (guisante, gandul, garbanzos, soya, etc.)

- **Forrajes y alimentos fibrosos secos.**

Paja, pastos y otros productos con más del 18% de fibra bruta como olote de maíz, vainas, cáscaras, bagazo de caña de azúcar, papel, madera y diferentes tipos de heno como por ejemplo:

- Heno de pastos naturales: Heno de pastos, prados, vegas, etc. segable.
- Henos de prados artificiales: Heno constituido por varias o múltiples especies vegetales.
- Heno con predominio o exclusividad de una especie vegetal (heno de alfalfa, de trébol, etc.)
- Heno de cultivos forrajeros: Heno de cereales o leguminosas forrajeras.

- **Ensilaje.**

Ensilaje de maíz, sorgo, gramíneas, leguminosas (En El Salvador no se realizan ensilajes de leguminosas), Ensilaje de hierbas espontáneas, ensilaje de plantas cultivadas (hierbas de prados artificiales, de alfalfa, trébol, cereales, ensilajes especiales).

- **Concentrado.**

Alimento energético, cereales en grano, subproductos de molinería, melaza, semillas y cerniduras de molinería, grasas animales y vegetales.

- **Concentrado de proteína.**

Animales marinos, procedentes de aves, semillas vegetales, leguminosa deshidratadas, nitrógeno no proteico (urea), etc.

- **Frutos, tallos, hojas de origen forestal fresco.**

**Frutos forestales:** Morros, mangos, naranjas, etc.

**Otros productos forestales:** Hojas de árboles (leucaena, tigüilote, madre cacao, caulote, etc.), tallos tiernos de árboles y arbustos.

- **Cultivos agrícolas.**

Semillas y granos: Granos de cereales (sorgo, maíz, etc.), granos de leguminosas (específicamente soya).

Raíces y tubérculos: Raíces de remolacha, nabos, zanahoria, papa; tubérculos de papas camote, yuca etc.

- **Subproductos y residuos industriales.**

Subproductos de molinería: Harinas de trigo, maíz, sorgo, soya, afrecho de trigo.

Residuos de ingenios azucareros: Melaza, y bagazo de caña.

- **Subproductos derivados de cultivos agrícolas.**

Residuos de la parte aérea del vegetal frescos (cogollo de cana, maíz, sorgo, tuza de elote, residuos de hortalizas como hojas de repollo, lechuga, rábano, brócoli, etc.)

- **Residuos de las industrias de la leche.**

Diversos: Leche descremada, desnatada, suero de leche, etc.

- **Residuos animales.**

Carne: Harinas de carne, con hueso o sin ellos

Sangre: Harina de sangre

Huesos: Harina de huesos

Pescado: Harinas de pescados de diversas calidades

- **Alimentos complementarios.**

Suplementos minerales

Suplemento vitamínico

Aditivos no nutritivos

Antibióticos, antioxidantes, colorantes, odorantes y saborizantes, agentes emulsionantes, enzimas, hormonas y medicinas.

Correctores.

Minerales: Minerales puros y mezclas minerales, alimentos naturales.

Hormonas: Hormonas naturales y sintéticas.

El destino o aplicación que se ha de dar a un alimento viene determinado por su composición; aquellos en que predominen los hidratos de carbono son los mas adecuados para el suministro de energía dinámica y térmica y para la formación de grasa; los ricos en materias nitrogenadas son imprescindibles para el crecimiento, la producción de leche y carne, y para mantener las funciones sexuales y reproductivas; los alimentos en los que abunden las grasas están

indicados cuando se necesitan altos rendimientos calóricos, y para formar las grasas propias de los animales (engorde, grasa de la leche, etc.), pero su utilización esta condicionada a la intolerancia fisiológica de los animales cuando las consumen en grandes cantidades (mas de cien gramos por cada cien kilogramos de peso vivo), lo que tampoco es un gran inconveniente, pues ya hemos visto que los hidratos de carbono pueden sustituirla, por su poder adipogenetico, y son, además, mas abundantes y mas baratos (Revuelta G, 1963).

Estas clasificaciones no pretenden ser universales, si no dar únicamente una pauta u orientación practica para el interesado en estos problemas; muchos alimentos pueden considerarse desde diversos puntos de vista, según el criterio económico, el fisiológico o el zootécnico, y es en ultimo caso el ganadero o el técnico veterinario el que debe aconsejar tal o cual alimentación en vista de las circunstancias del momento, ya que los precios, la existencia en el mercado de los diversos alimentos, las circunstancias económicas que imponen o dificultan cada producción zootécnica, constituyen el complejo cuya resultante será, desde el punto de vista de la alimentación, la elección de la ración mas económica, suficiente y sana.

- **Alimentos concentrados.**

Los alimentos concentrados son aquellos que están elaborados según las necesidades y el estado fisiológico en el que se encuentre el animal y por esta razón se pueden balancear para cubrir dichos requerimientos.

La principal diferencia entre el concentrado y los alimentos forrajeros es que el primero se puede elaborar según las necesidades nutricionales que presente el hato a alimentar, es decir que el fabricante decide que elementos o nutrimentos incorporar en su formula, mientras que los segundos su fuente primaria de nutrientes es el follaje no importando la especie, además, estos pueden ser

preservados a través de diferentes métodos como la deshidratación (heno) o la fermentación (Ensilaje).(Flores,2006)

Los concentrados pueden ser elaborados en base a suplementos de origen animal que incluye harinas de carne, harina de carne y hueso, harina de sangre y harina de plumas; también se utilizan productos lácteos que incluyen leche en polvo completa y desnatada, suero lácteo, líquido ó en polvo, suero de manteca en polvo, también se utilizan productos derivados de peces que incluyen harinas de residuos de peces ó de otros alimentos marinos y concentrado de proteína de harina de pescado. (Church, 1977).

En cuanto al consumo de concentrado no existe un valor establecido que indique la cantidad específica que un animal pueda consumir en cualquiera de las etapas de su vida, esto va a depender de la cantidad de materia verde que se le ofrezca a este; en ocasiones se relaciona que por cada botella de leche que el animal produce, se le proporciona una libra de concentrado llegando a ofrecer un máximo de 25 libras por animal.

#### **Limitaciones sobre el uso de concentrados.**

En cuanto a las limitantes sobre el uso de concentrados podemos mencionar el costo económico como uno de los aspectos más importantes, ya que de esto depende la rentabilidad económica de cualquier explotación ganadera, es decir que los concentrados de buena calidad, siempre tienen un costo mas elevado que los concentrados de baja calidad, y no todos los ganaderos tienen la capacidad de adquirirlos, por lo que se ven en la necesidad de sacrificar calidad por precio y por ende no se obtienen los rendimientos esperados.

Otra de las restricciones en cuanto al uso de concentrados es que al suministrarlos en niveles superiores del 20 – 25 % de la ración, tiene efectos negativos sobre la fisiología digestiva de los rumiantes ya que esto disminuye el consumo de alimentos fibrosos como los pastos lo que provoca una menor

producción de saliva debido a la disminución en la actividad ruminal del animal y por consiguiente un cambio en el pH. del rumen, afectando la flora bacteriana del mismo, ocasionando la enfermedad conocida como ‘Laminitis’ la cual es una deformación en las pezuñas del animal. (Combellas, 1998).

- **Componentes de los alimentos.**

**Proteína:** La proteína es uno de los nutrientes críticos particularmente para los animales jóvenes sometidos a un crecimiento rápido por lo tanto los suplementos de proteína (con más del 20% de proteína bruta) son proporcionados por una amplia gama de productos animales y vegetales, y mediante la síntesis química puede obtenerse fuentes de nitrógeno no proteico de origen animal.

Los concentrados son elaborados a base de harinas de semillas desengrasadas (algodón, soya, cacahuates, girasol, sésamo), las cuales son ricas en proteína bruta, la mayoría contienen más del 40% y suelen estandarizarse antes de comercializarlas mediante la dilución con cáscaras y otros materiales. Estas harinas contienen niveles moderados y bajos de vitaminas del grupo “B” y son pobres en carotenos que son necesarios para los rumiantes (Church, 1977).

**Carbohidratos:** Son grupos importantes de compuestos químicos conformados por Carbono, Hidrogeno y Oxigeno (CHO) en una proporción de  $C_n H_{2n} O_n$  por lo que tiene una molécula de agua por cada átomo de carbono. Los carbohidratos están ampliamente distribuidos tanto en tejidos vegetales y animales. En las plantas son obtenidos o elaborados por fotosíntesis, de estos, los animales hacen la síntesis de carbohidratos.

En los rumiantes la mayor parte de los carbohidratos ingeridos son fermentados por la microflora presente en el rumen de los animales convirtiéndolos en ácidos grasos.

**Lípidos:** Estos son un grupo de sustancias heterogéneas agrupadas que son insolubles en agua y solubles en éter y cloroformo y otros solventes orgánicos.

Funciones de los lípidos:

- Las grasas son las fuentes mas concentrada de energía produciéndolas en una cantidad promedio de 9 calorías por cada gramo.
- Nos ayuda a reducir las perdidas de color corporal.
- Ayudan al transporte de vitaminas liposolubles (A, E, K, D).

**Minerales:** Estos se encuentran en pequeñas cantidades en los alimentos y son de suma importancia ya que son necesarios para ciertas etapas de la vida animal como el calcio, fósforo, y otros durante el crecimiento, lo mismo ocurre en el trabajo muscular también en las membranas celulares donde tienen que estar presentes ciertos elementos minerales que se dividen en micro elementos (I, Co, Cu, Zn, Md, Mn, Mg) y los macroelementos (Cl, N, S, K, Ca).

**Vitaminas:** Son esenciales para llevar a cabo funciones específicas en el mantenimiento del cuerpo y trabajo individual. Las vitaminas también se sintetizan en el rumen de los rumiantes y en monogástricos son sintetizadas a partir de los alimentos por ciertas enzimas digestivas.

Vitamina A: Están presentes en todos los materiales verdes y tienen como función principal el mantenimiento de la visión normal en la luz difusa y es esencial para el desarrollo normal del esqueleto y los dientes.

Vitamina D: Estas se obtienen de las plantas y se sintetiza en la piel al exponerlo a la luz solar, sus funciones son regular la absorción del calcio y del fósforo en el tracto intestinal, así como las calcificaciones de los huesos y dientes.

Vitamina E: Se obtiene de los tejidos vegetales y su principal función es actuar como antioxidante, por lo que evita la oxidación de la vitamina A en el intestino y es de vital importancia en la reproducción.

**Energía:** Las fuentes comerciales de energía más importantes en concentrados provienen de los vegetales, dentro de las cuales se pueden

mencionar la semilla de algodón, soya, cacahuates, girasol, sésamo, semillas de legumbres diversas y otras fuentes como la melaza obtenida a través del proceso industrial de la caña de azúcar la cual es una de las fuentes de energía más utilizada en el país.

- **Alimentos forrajeros.**

**Pasto fresco:** El forraje verde o pasto fresco puede ser ofrecido al ganado de dos formas las cuales son por pastoreo directo o se corta y trocea en el campo y luego se distribuye al ganado estabulado. En nuestro país Las plantas aprovechadas de esta manera incluyen gramíneas forrajeras, y en otros países también, leguminosas, sorgo sudan, maíz y algunas veces residuos de alimentos utilizados para la alimentación humana.

El uso de forraje fresco es uno de los procedimientos más simples de realizar por lo que una de las ventajas más importantes de este es que se aprovechan más los nutrientes utilizables por unidad de tierra que con otros procedimientos ya sea heno o ensilaje. El consumo de pasto fresco por pastoreo directo es del 10-12% del peso vivo del animal.

Cuando el crecimiento del forraje supera las necesidades diarias, el excedente puede ser transformado en heno o ensilado antes de que alcance un grado excesivo de maduración. Al utilizar sistemas intensivos de pastoreo tales como: rotaciones o pastoreo por bandas, el ganado carnico alcanzara buenos rendimientos, también el ganado de leche da buena producción cuando son alimentados con forraje cortado o troceado (forraje verde). Durante los últimos años ha ido aumentando constantemente el empleo de forraje verde troceado especialmente para vacas lactantes.

**Contenido nutricional del pasto fresco:** Con respecto al contenido nutricional del pasto fresco podemos decir que los pastos poseen un contenido

de energía metabolizable (EM) de 1.76 Mcal / kg, proteína cruda (PC) 10.0 %, Calcio (Ca) 0.38 %, Fósforo (P) 0.22 %, Sodio (Na) 0.15 %, y si se maneja correctamente el momento de corte presentan alta digestibilidad; el valor nutritivo de los pastos disminuye rápidamente con la madurez y durante la época seca el alimento disponible es bajo en digestibilidad y nitrógeno. El factor principal que limita la productividad a partir de estos pastos es el hecho de que los animales pierden peso durante la sequía debido al desequilibrio nutricional en los alimentos disponibles. (Combellas, 1998).

- **Heno.**

La henificación es el proceso de conservación de forraje por medio de la deshidratación; los forrajes deben ser deshidratados hasta llegar a un 12 y 15% de humedad. (CENTA, 1992).

### **Calidad del heno**

La finalidad que se persigue al henificar, es conservar el pasto en su mejor estado de valor nutritivo; para que su calidad sea excelente el pasto debe ser cortado en una fase relativamente temprana de madurez, además, además deber ser manejado y curado de tal forma que conserve la mayor cantidad de hojas y que no pierda su color verde; los tallos del pasto deben ser blandos y no quebradizos, deben de conservar olor agradable para la palatabilidad. (CENTA, 1992).

Al igual que el ensilado, la importancia del heno radica en que es una buena alternativa de alimentación para bovinos durante la época seca, además de ser una excelente fuente de fibra, la cual es necesaria para los rumiantes, los cuales son capaces de consumir del 2 - 4% de su peso vivo. (CENTA, 1992).

### **Importancia de un corte adecuado del pasto.**

Las gramíneas cortadas tempranamente para heno son muy apetecidas por el ganado, además es de mejor calidad que un heno de gramíneas de corte tardío, ya que a medida que avanza la madurez de las plantas se reduce su contenido de proteínas, digestibilidad y la riqueza en vitaminas y minerales. Hay que tener presente el tipo de ganado que lo va a consumir pero para ello debe cortarse en estado temprano antes o al inicio de la floración. (CENTA, 1992).

### **Método para secar el heno**

Cuando ha sido cortado el material se deja un par de horas extendido hasta que se seque parcialmente. Antes de que la deshidratación sea excesiva y pueda haber desprendimiento de hojas y tallos, deberá recogerse en franjas o montones para que el resto del secado se haga en forma más lenta. (CENTA, 1992)

### **Reducción de humedad.**

El objetivo de la henificación, es extraer el agua al forraje verde para que al ser almacenado, no haya peligro que se produzcan hongos, moho o se caliente hasta el punto de quemarse. Este forraje debe contener una humedad del 12-15% para poder almacenarlo de lo contrario habrán pérdidas en principios nutritivos, provocados por el enmohecimiento o por fermentación del forraje. (CENTA, 1992). Existe un método para determinar el punto óptimo de almacenamiento que consiste en tomar una muestra grande, representativa del forraje que se está henificando, los tallos se retuercen para que se rompa ligeramente, se corta un trozo del centro de la muestra, los tallos deben ser tan largos como para poderlos introducir en un frasco de vidrio de un litro, una vez colocado el material en la botella se le agrega una cucharada de sal fina y se tapa. La muestra no debe quedar atrapada ya que interrumpiría la libre circulación de la sal. Se agita muchas veces la botella, luego se coloca boca abajo y se sacude para que caiga toda la sal sobre la tapa si el heno está lo suficientemente seco para ser almacenado, la sal caerá en granos pequeños de lo contrario el pasto no está con la humedad necesaria y la sal caerá en terrón (CENTA, 1992).

- **Ensilaje.**

El ensilado no es más que el método de conservación de cosechas destinadas para la alimentación de ganado, por medio de una fermentación en ausencia de oxígeno, la cual produce ácido láctico principalmente y otros ácidos cuando el proceso es el adecuado. (Hiriart, 1998).

La base técnica de los diferentes métodos de ensilaje, consiste en dirigir y aprovechar las fermentaciones que en las masas acumuladas de forrajes se producen, de manera que solo subsisten las favorables evitando el desarrollo de las nocivas. De los distintos tipos de fermentaciones, la que interesa favorecer es la láctica, que comienza cuando la temperatura llega a los 35°C, y alcanza su apogeo entre los 50 y 55°C. Las bacterias lácticas producen ácido láctico en abundancia; cuando su concentración es del 1 al 2%, todos los procesos vitales que se desarrollan en las células vegetales se suspenden, lo cual impide la pérdida de mas elementos nutritivos. Pero no reside en esto solo toda la importancia del ácido láctico producido, sino que anula la contaminación de otros tipos de fermentación, algunos de los cuales son extraordinariamente perjudiciales, con la acética y la butírica, con producción de ácidos acético y butírico, cuyo valor energético es sumamente inferior a la materia de que producen (hidratos de carbono), en tanto que el láctico es aprovechado por el organismo sin pérdida importante. Al mismo tiempo, la concentración de láctico impide la desintegración de las proteínas por diferentes bacterias proteolíticas, proceso que ocasiona una verdadera putrefacción con todos los inconvenientes aunados a ella.

Vemos por consiguiente, que la conservación de los forrajes, con la mínima pérdida de su valor nutritivo y sin peligro para la salud de los animales, puede conseguirse favoreciendo el desarrollo de los gérmenes lácticos, antagonistas de las bacterias acéticas, butíricas y de la putrefacción. Este es el fundamento de los métodos corrientes de ensilaje, especialmente apropiados para aquellas plantas ricas en hidratos de carbono (Revuelta G, 1963).

### **Ventajas del ensilaje.**

- Se alimenta mayor número de animales por área.
- Se mejora la calidad de algunos forrajes que no se aprovechan adecuadamente como forraje verde.
- Las cosechas pueden ensilarse en condiciones que no permiten poder hacer la conservación por otros métodos, ejemplo se puede ensilar en condiciones de lluvia, mientras que la henificación hay que hacerla en condiciones de buen tiempo, con suficientes horas luz.
  
- Se conservan mejor las partes nutritivas del forraje, como las hojas, semillas y flores, por lo tanto hay una menor pérdida de principios nutritivos, ejemplo caroteno, precursor de vitamina A, el cual se pierde gradualmente en el proceso de henificación.

### **Algunas afirmaciones acerca del ensilado son:**

- Con el ensilaje se conserva mayor cantidad de principios nutritivos que cualquier otro forraje seco.
  
- El ensilaje en nuestro país lo utilizan los ganaderos para el engorde de su ganado, pero también ha dado buenos resultados en la producción de leche, y se ha estado utilizando en grandes cantidades en la última década.
  
- El ensilaje debe ser dado de igual manera que otro tipo de alimento, según la fase de producción en la que cada animal se encuentre, ya que para cada fase los requerimientos nutricionales de estos son diferentes. (CENTA, 1992).

### **Silo**

Los silos son estructura donde se deposita el material para que en el ocurra el proceso de fermentación, formación de ácido en ausencia de oxígeno; protegiendo la humedad y otros factores ambientales.

## **Tipos de silo**

- Silo permanente: Estos tipos de silos, se realizan con materiales permanentes y durables que estén al alcance del productor.
- Silo tipo trinchera: son estructuras construidas sobre la superficie del suelo, en forma de V, se utilizan materiales para su construcción como: piedra, ladrillo de obra, cemento, etc.
- Silo tipo bunker: Se aprovechan las condiciones topográficas del terreno, tomando como base una depresión natural para ubicar la estructura, sus materiales deben ser resistentes, para recubrir las paredes como: cemento, ladrillo, etc.
- Silos provisionales: estos se construyen ocasionalmente con materiales económicos como: maderas.
- Silos de montón: este es más económico en este solo se aprovecha únicamente una pendiente del terreno para depositar el material.

Todos los tipos de silo deben tener pendientes para drenar todos los líquidos del proceso del ensilaje, el silo tipo trinchera y bunker, su pendiente es del 1-3% y sus pendientes laterales de 0.5%. (CENTA, 1992).

### **Proceso de elaboración del ensilaje.**

Cuando se va a realizar un ensilaje hay que tener presente que el material que se va a picar debe de tener un punto óptimo en cuanto al contenido de principios nutritivos. Cuando se va a ensilar un pasto, ya sea este maíz o sorgo, debe cortarse en un punto óptimo que no este ni tan tierno ni tan maduro, sino que en estado lechoso (Lleno a 3 cuartos).

El material a utilizar se lleva al lugar donde se encuentra el silo, este material de preferencia debe de estar cerca de la estructura que se ha designado para

hacer el ensilado, luego se procede a picarlo con máquina, el tamaño de los trozos debe de ser de 3 a 5cms de la largo, luego se deposita el material picado en capas de 20-30cms de espesor; cada capa debe ser pisoteada, luego se deposita otra capa y se realiza el mismo procedimiento hasta llenar el silo. (CENTA, 1992).

Terminado el silo debe ser cubierto con plástico, y sobre este una capa de 30 cms. de tierra, esto se hace para evitar la infiltración de agua la que podría arruinar el material. (CENTA, 1992).

### **Materiales que se pueden ensilar.**

Se pueden utilizar pastos naturales mezclados con granos de gramíneas (maíz, sorgo) y leguminosas (mezclado con gramíneas en partes iguales para mejor la calidad de silo), aun que en El Salvador los ensilados de leguminosas no se realizan. También se puede mezclar gramínea con gallinaza el cual mejora un poco la calidad de proteína que se obtiene a través del Nitrógeno no Proteico (NNP) de la gallinaza. (CENTA, 1992).

Los ensilajes mas utilizados en El Salvador son aquellos a base maíz y de sorgo, la capacidad de consumo que tiene un animal es de 4 - 6% de su peso vivo que equivale mas o menos a 20 Kg./día.

En cuanto a las normas de calidad que debe cumplir un material que va a ser ensilado podemos mencionar las siguientes:

- Grado optimo de cosecha
- Maíz o sorgo en estado lechoso
- Que haya perdido cierta humedad
- Buena compactación, ausencia máxima de oxigeno
- Que se ensile lo más rápido posible
- Tapado

La importancia primordial del ensilaje es que es una alternativa de alimentación en la época seca de esta manera se mantienen los animales hasta que llega la época lluviosa. (CENTA, 1992).

Otros materiales que se pueden ensilar son algunos tipos de frutos como por ejemplo las naranjas, melones, sandías, etc. Además pueden ensilarse residuos de vegetales como por ejemplo papas, hojas de zanahoria, entre otros. Algunos tipos de cultivos agrícolas proveen residuos que una vez realizada la cosecha pueden ser fácilmente ensilados, tal es el caso de el cultivo de musáceas (guineo y plátano), cuyos pseudotallos y hojas se pueden ensilar si se les ofrece un tratamiento previo como premarchitamiento al sol, ya que este tipo de material posee una gran cantidad de agua, lo que dificultaría el proceso de ensilado si se realizara este, inmediatamente después de la cosecha. Las cáscaras de plátano o guineo que son obtenidas a través de la industrialización de este fruto, son un material que presenta muy buenas características para el proceso de ensilado, por lo que resulta muy fácil realizar este proceso utilizando este material obteniendo de esta manera, un producto final con características deseadas para la alimentación del ganado.

- **Características que debe reunir un ensilado de buena calidad.**

Sobre la calidad y el valor forrajero de un ensilaje intervienen diversos factores, de los que resultan ser los mas importantes: el método seguido en el ensilaje; el genero, la variedad y la calidad del forraje o de la mezcla forrajera utilizada; el grado de madurez del forraje; la proporción entre hojas y tallos de las plantas conservadas, y , por ultimo, el contenido en agua de los forrajes. Un buen ensilado será el que contenga:

- Humedad: 70%
- Ph: 4.0
- Temperatura: 26.7 – 37.6 °C
- Materia seca: 25 -35%
- Carbohidratos: 6 – 8%
- Proteína cruda: 7.3% (sin urea)

### 3.2.1. Subproductos agropecuarios utilizados en alimentación animal.

- **Melazas.**

Las melazas constituyen un subproducto importante en la obtención de la azúcar, en su mayor parte proceden de la caña de azúcar, remolacha azucarera y otros subproductos como maíz, sorgo y refineras; aunque en el país la melaza utilizada para la alimentación de ganado vacuno procede estrictamente de la caña de azúcar.

La melaza es en esencia una fuente de energía y los azúcares son sus principales componentes. La melaza de caña contiene del 25 al 40% de sacarosa y del 12 al 35 % de azúcares reductores, con un contenido total de azúcar del 50 al 60% o más (Ver tabla adjunta). El contenido en proteína bruta suele ser bastante bajo alrededor del 3% y su contenido en ceniza oscila entre 8 al 10%, representado principalmente por K, Ca, Cl, y sulfatos. Las melazas suelen constituir una fuente buena de elementos vestigiales, aunque solamente presentan una fuente de proteína entre moderado y bajo. En su empleo comercial su contenido acuoso de las melazas suele ajustarse a un 25% aproximadamente, aunque pueden desecarse con dietas secas.

Uno de los problemas que entraña el consumo de melaza es que su composición es bastante variable (con la excepción de las melazas de maíz). El grado de maduración, tipo y calidad de caña, fertilidad del suelo y sistemas de recolección y de tratamiento influyen sobre la composición de las melazas.

Las melazas se utilizan ampliamente como alimento, particularmente para los rumiantes. Tan solo en los EEUU se utilizan mas de 2.5 millones de toneladas, en Europa se utilizan grandes cantidades, así como en otras zonas donde se producen. El sabor dulce hace apetitoso el producto para la mayoría de las especies; además, las melazas son valiosas para reducir la pulverulencia, como aglutinador de los granulados, como vehículo para medicamentos incorporados a

los piensos, así como suplemento líquido de proteína cuando se refuerzan con una fuente de nitrógeno. La mayoría de los productos de las melazas tienen un empleo limitado sin embargo, debido a los problemas de molturación (consistencia viscosa), o por que niveles superiores al 15 y un 25% de la ración pueden originar trastornos digestivos diarrea y bajos rendimientos de los animales.

**Tabla 1:** Valores analíticos de distintas fuentes de melaza \*

	Origen de las melazas					
	Caña	Remolacha	Cítricos	Maíz	Sorgo	Refinerías
Grados Brix estándar	79.5	79.5	71.0	78.0	78.0	79.5
Sólidos totales %	75.0	76.0	65.0	73.0	73.0	73.0
Proteína bruta %	3.0	6.0	7.0	0.5	0.3	0.3
Cenizas %	8.1	9.0	6.0	8.0	4.0	8.2
Azúcares totales %	48-54	48-52	41-43	50	50	48-50

\* Anónimo

- **Pajas y glumas.**

En la mayoría de las zonas agrícolas se dispone de cantidades apreciables de pajas y glumas para la alimentación de los animales. La paja consiste principalmente de tallos y cantidades variables de hojas que permanecen después de la cosecha; las glumas son pequeñas partículas desprendidas de las espigas junto con cantidades limitadas de granos pequeños o rotos.

La fuente principal de paja y glumas procede de los cereales como: arroz, maíz, frijol, y otras gramíneas y leguminosas. En conjunto, las pajas son muy pobres en proteína digeribles, muy ricas en fibras y en lignina, y son poco alimenticias, aunque algunas son menos valiosas que otras. Como alimento las pajas se aprovechan mejor como diluyentes de raciones muy concentradas o como alimento básico para ganado vacuno durante el invierno cuando es suplementado convenientemente con los nutrientes en que es deficiente (proteínas, vit. A, minerales, etc.) Aunque las pajas son pobres en energía metabolizable, la energía derivada de la porción digerida y del calor dinámico

específico proporciona una energía que puede ser utilizada por los animales, tales como vacas gestantes, con escasas necesidades para la producción. (Church, 1977).

- **Bagazo de caña de azúcar.**

El bagazo de caña es el residuo obtenido a través del proceso industrial de la caña de azúcar, una vez extraído el contenido líquido de la misma. Este subproducto es utilizado generalmente en la elaboración de concentrados para la alimentación de ganado como componente fibroso ó para proporcionar volumen sin servir estrictamente como fuente de nutrientes.

- **Raíces.**

Las raíces utilizadas para la alimentación animal, especialmente en países con una extensión territorial muy pequeña, como para poseer grandes extensiones de pastizales para la alimentación del ganado son: zanahorias, yuca, camote, entre otros. Estos productos suelen ser cavados y dejados en el campo para ser utilizados cuando se desee en la alimentación de los animales. La naturaleza voluminosa de estos alimentos facilita su empleo en la alimentación del ganado vacuno, caprino u ovejas.

Las raíces se caracterizan por su contenido elevado en agua (78 – 90% ó mas), moderadamente bajo en fibra (5 – 11% de la sustancia seca) y en proteína bruta (4 – 12%). Estos cultivos tienden a ser pobres en calcio y fósforo y ricos en potasio; los carbohidratos oscilan de 50 – 75% de la sustancia seca y consiste principalmente en sacarosa que es muy digestible en animales rumiantes y no rumiantes. Los animales que no se adaptan (ovejas, vacuno) a la remolacha azucarera ó forrajera (ambas *Beta vulgaris*) tienden a padecer trastornos digestivos debidos probablemente a su elevado contenido de sacarosa. (Bateman, J, 1970).

La yuca (*Manihot esculenta*) llamada también mandioca es una raíz tropical que posee una gran importancia potencial como alimento para el ganado. Ocupa el noveno lugar en la producción mundial de todos los cultivos y el quinto entre los cultivo tropicales, y se ha demostrado en parcelas experimentales que puede rendir 75 – 80 ton/ha por año (92 millones de Kcal. de energía digestible), que es muchas veces superior al rendimiento del arroz, maíz u otros cereales adaptados a los trópicos. Aunque se trata de una planta estrictamente tropical, actualmente se utilizan cantidades importantes de ella en EE.UU y Europa para la alimentación del ganado. La raíz de la mandioca contiene aproximadamente un 65% de agua, 1-2 % de proteína, 1.5% de fibra bruta, 0.3% de grasa, 1.4% de cenizas y el 30% de extracto libre de N. así, los carbohidratos de su materia seca son fácilmente digeribles. El valor energético de la mandioca deshidratada es igual al de otras raíces y tubérculos y puede sustituir la totalidad de la dieta para cerdos en fase de crecimiento – acabado si se aumenta la cantidad de proteína suplementaria para compensar el bajo contenido en proteína de la mandioca; la porción de hojas de la corona de la planta es bien utilizada por los rumiantes, aunque es demasiado rica en fibra para las especies monogástricas. (Morrison, B. 1971).

Las raíces y las hojas de mandioca recién recolectada puede ser rica en ácido prúsico (ácido hidrocianico) la desecación en horno a 70 – 80 °C, la ebullición en agua ó la desecación al sol permiten reducir el contenido en HCN de la mandioca recién recolectada. Según vayan mejorando los métodos de recolección y tratamiento de la mandioca, cabe esperar que la producción comercial en gran escala suponga una contribución importante para el aporte mundial de energía con destino a la alimentación animal. (Church, 1977).

- **Tubérculos.**

Las patatas blancas (*Solanum tuberosum*) excedentes o eliminadas del consumo humano suelen destinarse a la alimentación de ganado vacuno o lanar en zonas donde se efectúa la producción comercial de patatas. Las patatas secas

son ricas en energía digestible que proceden casi totalmente del almidón, su contenido en agua es del 78-80% aproximadamente; el contenido en proteína bruta es bajo, y la calidad de la proteína es mala. Suelen ser pobres en Ca. Las patatas y especialmente su brotes contienen un compuesto tóxico (Solanina), que puede originar problemas si las patatas son consumidas crudas o ensiladas. En las raciones de acabado del ganado vacuno, las patatas suelen ser consumidas en cuantías que alcanzan un nivel de  $\frac{1}{2}$  aproximadamente del consumo de sustancia seca. La harina de patata posee casi los mismos valores nutritivos relativos que las patatas crudas procedentes del desecho para consumo humano. (Church, 1977).

- **Pulpa deshidratada de remolacha azucarera y de cítricos.**

En algunos países como los EE.UU. de América, se utiliza la pulpa deshidratada de remolacha azucarera la cual es el residuo que se obtiene después de la extracción de la azúcar de la misma. Frecuentemente contiene melazas antes de la deshidratación y puede ser vendida en forma de gránulos o de virutas. La naturaleza física y la buena sapidéz hacen a este producto muy apreciado por el ganado vacuno y lanar y su valor nutritivo es similar al de los caréales. La pulpa de productos cítricos es un producto similar que se obtiene tras la extracción del jugo de los mismos; incluye piel, pulpa y semillas. La pulpa de cítricos se utiliza principalmente como alimento para ganado vacuno y lanar. (Church, 1977).

- **Subproductos de destilería y cervecería.**

Los subproductos de las industrias de destilación y fabricación de cerveza hallan cierto uso como alimentos para los animales. Los principales productos de las destilerías son los granos de destilería húmedos o secos, los solubles desecados de destilería, o distintas mezclas. Su contenido en proteínas suele ser superior al de los cereales originales y los valores energéticos son similares a los de la cebada. Los solubles desecados de destilería son fuentes excelentes de

vitaminas del grupo "B" y de elementos vestigiales. Los granos desecados de cervecería poseen un contenido relativamente alto de proteína bruta (26%), aunque son pobres en almidón y energía digestible. Los subproductos de granos desecados de destilería son más utilizados para los rumiantes, aunque los solubles se utilizan en todos los alimentos para los animales cuando se dispone de los mismos. (Church, 1977).

- **Grasas y aceites.**

Los excedentes de grasas animales y, ocasionalmente, los aceites vegetales se utilizan frecuentemente en las formulas comerciales de piensos dependiendo de los precios relativos. En su mayor parte, estas grasas son de origen animal obtenidas mediante la fusión de carne de ganado vacuno, de cerdo, de ovejas o de aves. Los aceites vegetales suelen alcanzar mejores precios destinándolos a la producción de margarina, jabón, pinturas y otros productos industriales, por lo que su precio los excluye de su empleo en la alimentación animal. Aunque la mayoría de los animales precisa una fuente de ácidos grasos esenciales, suelen ser proporcionados en cantidades suficientes por los alimentos naturales y la suplementación no precisa, excepto cuando se utilizan fuentes de energía pobres en grasas. Las raciones reciben grasa adicional por varias razones. Como una fuente de energía, las grasas resultan muy digestibles, y la grasa digestible proporciona 2.25 veces la energía del almidón o azúcar digestible; así, posee un elevado valor calórico y pueden ser utilizadas para aumentar la densidad energética de una ración. (Church, 1977).

La adición de grasa en niveles entre bajos y moderados pueden aumentar algunas veces el consumo total de energía mediante una mejora del sabor, aunque los animales consumen generalmente energía suficiente para cubrir las necesidades cuando les es físicamente imposible. Para los rumiantes, los niveles altos de grasa se utilizan en los sustitutivos de la leche, que dependiendo de su finalidad pueden contener el 15 al 30 % de grasa. Los rumiantes que consumen raciones secas, sin embargo, toleran los niveles altos de grasas peor que los

animales monogástricos. Concentraciones superiores al 7-8% pueden causar trastornos digestivos y reducir mucho el consumo de alimento. En la práctica se adicionan comúnmente del 2-4% de grasa en las raciones de acabado para ganado vacuno, y en ocasiones se añade algo de grasa a las raciones para vacas lecheras en producción. (Church, 1977).

### **3.3. Características de los Caprinos.**

Las cabras, su anatomía y fisiología no difieren mucho de los bovinos y ovinos. Las cabras son animales activos, en el día, solo permanecen quietas durante la rumia. Destacan por su inteligencia y llegan a reconocer fácilmente a la persona que las cuida. Estos animales se han adaptado a diferentes climas, aunque son menos abundantes en regiones húmedas. Su rusticidad es una característica indiscutible.

#### 3.3.1. Requerimientos alimenticios diarios.

Materia seca: 2.5 a 3.0 % del peso vivo para animales de carne, hasta un 8% para productoras de leche; Energía: 800 a 900 gr TND por cada 100 kg de peso vivo para su mantenimiento, 3 gr TND por Kg de peso vivo y 400 gr TND por kg de leche producida, Proteína digestible: 60 a 80 g por cada 100 kg de peso vivo para mantenimiento, 0.2 g por g de crecimiento y 60 a 70 g por kg de leche producida.

#### 3.3.2. Consumo.

Estos animales no poseen una capacidad limitada de consumo **y**, la satisfacción de sus necesidades dependerá de la calidad del alimento ofrecido. Los factores que pueden limitar el consumo son: Temperatura corporal, consumo insuficiente de agua, ración deficiente en proteínas y deficiencia de minerales.

Durante la digestión, especialmente cuando el alimento contiene mucha fibra cruda, se produce bastante calor; la diferencia de calor originado entre forrajes y concentrados es considerable. Cuando se sustituye forrajes por concentrados se puede aumentar el consumo de nutrientes, manteniendo la carga de calor al mismo nivel. Sin embargo, para un buen funcionamiento del rumen es necesario suministrar por lo menos una tercera parte de la ración en forma de forrajes.

### 3.3.3. Selectividad.

Las cabras en libertad pastorean y ramonean en diferentes sitios, de esta manera satisfacen sus necesidades básicas. Las cabras no solo comen plantas a nivel del suelo, sino brotes, flores, hojas, semillas y corteza de arbustos y de árboles. Son pocos los alimentos no consumidos por las cabras pero a algunos tienen que acostumbrarse; no es conveniente forzar a las cabras a comer un alimento específico, por lo general estas lo rehusarán, aunque no tengan otra cosa para comer. Se les puede enseñar a comer estos alimentos, suministrando pequeñas cantidades mezcladas con otros que le son apetitoso. Las cabras no comen alimentos polvosos, mohosos, podridos o contaminados. Los alimentos que se caen al suelo no los consumen, lo mismo ocurre con alimentos contaminados con orina o estiércol si se suministran tubérculos, se deben lavar quitando la tierra si se les dan diferente alimento en forma mezclada, se desperdician cantidades considerables, ya que las cabras escogen primero las partes más apetitosa, desperdiciando lo demás.

### **3.4. Evaluación Química de los alimentos.**

El análisis de alimento se hace con la finalidad de conocer el contenido nutricional y la humedad presente en los alimentos, y de esta manera determinar si los alimentos que están siendo suministrados son los más adecuados para el fin que se persigue dentro de la empresa, de tal manera que pueda hacerse más

efectiva la nutrición de los animales y así aumentar el rendimiento de los mismos y por ende los beneficios de la empresa.

La determinación de los principios alimenticios presentes en los alimentos se realiza a través del análisis proximal o bromatológico. (Bateman, 1970).

#### 3.4.1 Análisis proximal.

Este análisis consta de una serie de pruebas según lo que se quiera analizar o saber sobre el alimento ya sea humedad, fibra cruda, cenizas, nitrógeno, extracto etéreo, Fibra neutro detergente (FND), Fibra ácido detergente (FAD).

Este análisis es llamado “proximal” debido a que en la determinación de los diferentes componentes que forman parte de un alimento en particular, no es posible conocer el valor verdadero en su contenido nutricional, ya que muchos de sus componentes se pierden en el proceso y solo es posible obtener un dato aproximado de estos. (Mora, 2002).

- **Determinación de la humedad.**

El agua es un componente muy abundante en los alimentos por lo que su presencia y su concentración determinan en alto grado su sabor y digestibilidad. Así como la estructura física y la capacidad de un fácil manejo técnico del material que se utilizara.

El agua esta presente en los tejidos vegetales y animales y pueden encontrarse de las siguientes maneras:

Agua libre: En las cuales las sustancias se disuelven o se dispersan.

Agua Absorbida en la superficie de los sólidos.

Agua como hidratos: Aquellos alimentos que forman los hidratos (almidones, proteínas y otros compuestos orgánicos).

Para determinar la humedad se pesa la muestra se calienta en estufa por un determinado tiempo y se vuelve a pesar con el objetivo de conocer la humedad que se perdió y esa diferencia es la humedad presente en la muestra. (Cañas, 2002)

- **Determinación de cenizas en los alimentos**

Esta prueba se hace con la finalidad de analizar la proporción de material mineral presente en una muestra de tejidos animales y vegetales, alimentos elaborados para consumo humano y animal, también nos sirve para conocer la cantidad de materia orgánica y la cantidad de nutrimentos digeribles.

La muestra se incinera para obtener la ceniza, luego esta se somete a un proceso de solubilización lo que transforma la muestra sólida mediante un tratamiento con ácidos al estado líquido y así poder utilizar cualquier método cuantitativo de análisis para la determinación del contenido de minerales como: Ca, Fe, Zn, P, K, Cu, Mg, Etc. (Cañas, 2002).

### **Calcinación.**

La muestra se incinera o se calcina a una temperatura de 500 a 600°C para quemar todo el material orgánico, la parte que no se destruye a esta temperatura se llama ceniza. (Cañas, 2002).

- **Determinación del nitrógeno por el Método micro kjeldahl.**

En este método se mide la cantidad de nitrógeno que contiene una muestra y se convierte el nitrógeno en proteína multiplicando por un factor de acuerdo a la naturaleza de la proteína ya sea de origen animal o vegetal.

En la determinación química de las proteínas, los datos son expresados como nitrógeno proteico total. Las proteínas animales que contienen aproximadamente

16 nitrógenos y se aplica el factor de 6.25 con el caso particular de la proteína de la leche que contiene 15.5.

Por este método se puede determinar todo tipo de nitrógeno presentes en la muestra como amoniacal ureico, nítrico, nitrato con solo cambiar los reactivos catalizadores. (Cañas, 2002).

- **Determinación de fibra cruda.**

La muestra que se encuentra en el dedal después de extraer la grasa se considera como la muestra desengrasada, es la que se utiliza para la determinación de fibra cruda. Para efecto de cálculo se toma en cuenta como peso de muestra, la cantidad que se pesa para la determinación del extracto etéreo este en este paso debe usarse el extractor de fibra cruda tipo Berzelius (Cañas, 2002).

- **Determinación de extracto etéreo.**

El éter se evapora y se condensa continuamente y al pasar a la muestra, se extrae el material soluble. El extracto se recoge en un beaker y cuando el proceso se completa, el éter se destila y se recolecta en otro recipiente y la grasa cruda que queda en el beaker, se seca y se pesa (Cañas, 2002).

#### 3.4.2. Análisis de Van Soest.

- **Determinación de Fibra Neutro Detergente (FND)**

Este método nos ayuda para determinar los constituyentes de la pared celular y nos ayuda para la determinación de la fibra total de alimentos de origen vegetal y divide la materia seca de los alimentos en constituyentes solubles y nutricionalmente disponible (98%) y de los que son aprovechados de manera incompleta y dependen de la fermentación. (Cañas, 2002).

- **Determinación de Fibra Acido Detergente (FAD).**

La Fibra Acido Detergente es el residuo insoluble en un detergente acido (bromuro de metil trimetil amonio). Y engloba la lignina, sílice y la celulosa

### **3.5. Evaluación biológica de los alimentos.**

Las pruebas biológicas son aquellas que se basan en la aceptación y asimilación de un sustrato o material ofrecido a una unidad experimental, con el propósito de conocer el grado de degradabilidad que este posee, para lo cual se hace uso de una variada gama de métodos tales como: pruebas de digestibilidad *in vivo*, pruebas de digestibilidad *In situ*, pruebas de digestibilidad *in Vitro*, uso de marcadores externos e internos, etc.

#### 3.5.1 Pruebas de digestibilidad

Las pruebas de digestibilidad son básicamente la diferencia entre los nutrimentos consumidos y los que aparecen en las heces y esta, se puede calcular midiendo cada clase de nutrimento (Bateman, 1970).

Las heces constan tanto de materiales dietéticos como endogenos. La cantidad de sustancias secas no digestible consumida por el animal es el principal factor individual que influye en la cantidad de sustancias fecales excretadas. En situaciones prácticas los rumiantes son alimentados con dietas cuya digestibilidad varía mucho más que las dietas de los restantes animales domésticos y el nivel de consumo puede variar desde las necesidades de mantenimiento hasta 4-5 veces estas necesidades. La digestión de los rumiantes ha sido descrita como de naturaleza continua; por consiguiente, también resulta característico de estas especies, que defequen con mayor frecuencia, que la mayoría de los animales monogástricos. (Church, 1993).

El contenido en sustancia seca de las heces es típicamente del 30-50% en ovejas y en otras especies que eliminan heces granuladas, y mucho menor (15-

30%) en ganado vacuno. Las sustancias fecales contienen material de la dieta no digerido, membranas celulares no digeridas de las bacterias de rumen, células microbianas procedentes del ciego e intestino grueso, residuos de muchas sustancias endógenas incluyendo enzimas digestivas, mucus y otras secreciones del conducto digestivo hacia su luz. La proporción del material de origen sintético en relación con los de origen metabólico y endógeno será máximo cuando las dietas contengan cantidades sustanciales de alimentos difíciles de digerir (por ejemplo, forrajes de baja calidad) por el contrario los animales que consumen dietas ricas altamente digestibles (por ejemplo ricas en cereales) excretan heces que contienen muy poca materia de origen dietética. El análisis de las heces de los rumiantes indica que las células microbianas y sus residuos constituyen una buena proporción de la totalidad de la materia seca fecal. (Church, 1993).

- **Prueba de Digestión In vivo.**

Según Church (1993), La prueba de digestión in vivo, consiste en medir la cantidad de alimento consumido y de las heces excretadas durante un periodo de tiempo determinado. El logro con éxito de esta prueba depende del consumo del alimento por parte del animal y la recolección de las excretas por parte del investigador. En estas pruebas convencionales de digestión, los animales experimentales son alimentados con dietas que se van a estudiar durante un periodo preliminar de dos semanas como mínimo para asegurar que los residuos de los alimentos consumidos antes de la prueba hayan sido eliminados del aparato digestivo del animal.

Durante el periodo preliminar se establecen los niveles de consumo para evitar fluctuaciones drásticas en las excreciones. Este periodo preliminar va seguido de un periodo de recolección de heces y orina de siete a diez días de duración, estas se recogen diariamente y se preparan muestras compuestas, que sean representativas del periodo de recolección para su posterior análisis en el laboratorio. (Church, 1993).

Para la recolección de las heces los animales deben ser alojados en jaulas diseñadas para permitir la separación y recolección cuantitativa de heces y orina. Existen otras alternativas de recolección de las heces y esta consiste en colocarle al animal un arnés o bolsas especiales para la recolección de las heces. Luego cuando se ha completado el periodo de alimentación y recolección de las heces, los datos obtenidos de dicha recolección y su posterior análisis de laboratorio se puede calcular la digestibilidad utilizando las siguientes ecuaciones:

1. Digestibilidad aparente (%) de la materia seca (M.S.)

$$= \frac{\text{M.S. consumida (grs. /día)} - \text{M.S. fecales (grs./día)}}{\text{M.S. consumida (grs. /día)}} \times 100$$

2. Digestibilidad aparente de nutrientes en (%)

$$= \frac{(\text{M.S. consumida}) (\text{Proporción del nutriente en M.S. del alimento}) - (\text{M.S. fecal}) (\text{Proporción del nutriente en las M.S. del alimento})}{(\text{M.S. consumida}) (\text{Proporción de nutrientes en M.S. de los alimentos})} \times 100$$

- **Digestibilidad In Vitro.**

La tasa y cuantía de la digestión en el rumen puede ser estudiada usando diversos procesos de desarrollo, los estudios de fertilización in Vitro suelen ser menos caros y más rápidos y repetibles que las experiencias con animales. Los estudios de fermentación en laboratorio pueden clasificarse en dos clases generales, la primera se denomina sistema in Vitro: En este método los microbios ruminales son incubados en un cultivo continuo o discontinuos con un alimento, fármaco o componente de comprobación, el procedimiento in Vitro más usual es la

incubación por lotes. El alimento a comprobar es fermentado primero con fluido ruminal tamponado durante 24 o 48 horas y en segundo lugar con una mezcla de pepsina - HCL para solubilizar la proteína (se determina la desaparición total del alimento). Este procedimiento se usa comúnmente en los sistemas de valoración de forrajes para evaluar la digestibilidad. La desaparición de sustancia seca in Vitro medida por este procedimiento mantiene una elevada correlación con digestibilidad in vivo (Church, 1993).

- **Digestibilidad In Situ.**

En este método de fermentación el material a estudiar se introduce en una bolsa de poliéster con pequeños poros. Esta bolsa se suspende en el rumen durante periodos determinados de tiempo. Microbios, líquidos y productos finales de la digestión entran y salen a través de los poros. El material que desaparece de la bolsa se considera que ha sido digerido. Los resultados se hallan sometidos a errores tanto por entrada como por salida, ya que algunos componentes solubles y partículas pequeñas pueden abandonar la bolsa sin ser digeridas y de la misma forma, microbios pueden entrar en la bolsa durante la fermentación. Sin embargo, la digestibilidad de los forrajes y las fuentes de proteína pueden ser determinadas rápidamente in situ. La acción microbiana in situ se asemeja mucho a la fermentación ruminal y se evitan las amplias oscilaciones en los tipos microbianos que se pueden presentar en los sistemas de cultivos discontinuos. Aun que los procedimientos de la bolsa pueden ser normalizados, el empleo de una sola dieta parece ser indeseable porque el tipo y la adaptación a la dieta puede alterar la capacidad digestiva de la población ruminal. (Broderick, 1982; citado por Church, 1993).

- **Empleo de marcadores para determinar la digestibilidad en los rumiantes.**

En algunas ocasiones puede resultar difícil o poco práctico usar los métodos de recogida para la determinación de la digestibilidad. En tales casos se pueden emplear sustancias inertes de referencia conocidas como indicadores o

marcadores. Los tipos de marcadores que sean utilizados en los estudios de la nutrición son: marcadores internos, son materias no digeribles que presentan naturalmente los alimentos y los marcadores externos son materias que bien se añaden a la dieta o se administran oral o intra-ruminalmente a los animales. Los marcadores se han empleado durante muchos años y se ha valorado un elevado número de materias usadas como marcadores para el estudio de la función digestiva tanto en rumiantes como en no rumiantes. (Church, 1993).

- **Marcadores internos.**

**Lignina:** la lignina ha sido considerada frecuentemente como indigestible y, en consecuencia ha sido muy utilizada como marcador en estudios de digestión, sin embargo un repaso de las comunicaciones indica la existencia de problemas importantes para determinar la lignina y conseguir una recuperación total de esta sustancia en las heces. La pérdida de material durante su paso a través del aparato digestivo supone una violación de uno de los criterios más estrictos del comportamiento de los marcadores y, por esta razón, el empleo de la lignina como marcador deberá ser considerado con precaución. Varias razones pueden explicar las bajas recuperaciones de lignina en las heces las cuales son las siguientes: digestión aparente resultante de la formación de complejos solubles lignina carbohidratos que no se recuperan (como la lignina); en las heces destrucción parcial de la lignina fecal durante el análisis y diferencias físicas o químicas entre el alimento y las heces en la naturaleza de los materiales definidos empíricamente como lignina.

**Sílice:** en principio se considero que el sílice era indigestible y ha sido recomendado como marcador hace cien años y periódicamente se ha investigado su empleo y utilidad como tal. Estudios posteriores indican una constante recuperación excesiva de sílice en las heces, particularmente los animales que pastan o en estabulación y corrales para sebo intensivo. Esta observación se debe probablemente a una infravaloración de la ingestión de sílice debido a la contaminación del pienso con polvo o ingestión de tierra durante el pastoreo (Church, 1993)

- **Marcadores externos.**

Alimentos teñidos: el tratamiento de los alimentos con diferentes tintes son: magenta, verde o azul brillante, cristal violeta y rojo carmín, provocan una coloración irreversible de las partículas del alimento. Los tinte fueron los primeros marcadores fijados a las partículas que se usaron y su empleo es el responsable de muchos datos obtenidos inicialmente sobre el tiempo de retención de la digesta. El análisis de las partículas teñidas debe realizarse mediante inspección visual y recuento de las partículas teñidas en una determinada muestra. Los piensos teñidos no se emplean en investigaciones para determinar la digestibilidad; además, los tiempos de retención de la digesta determinados mediante el uso de piensos teñidos deberá ser considerado probablemente como relativo, no absoluto, como consecuencia de la naturaleza semicuantitativa del análisis. (Church, 1993).

Oxido crómico: en estudios sobre la nutrición se han utilizado varios óxidos metálicos como marcadores. El más común de los óxidos es el mismo óxido crómico ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ), que como marcador único, ha sido más usado probablemente que cualquier otra sustancia para medir tanto la digestibilidad como el flujo de la digesta. El óxido crómico ofrece ciertas ventajas como marcador ya que según muchos estudios se recupera totalmente en las heces. El óxido crómico es un polvo denso que tiende a viajar en forma de suspensión en la digesta con una velocidad que es independiente de la correspondiente tanto en la fase acuosa como a la particulada, por esta razón el óxido crómico no resulta idóneo como marcador en estudio diseñados para determinar los tiempos de retención de la digesta, este puede formar también un sedimento en el retículo-rumen y ser transferido esporádicamente al tracto gastrointestinal, en consecuencia la excreción de óxido crómico con las heces esta sometida a variaciones tanto diurnas como diarias. Resulta útil como marcador para determinar la digestibilidad y, posiblemente el flujo posruminal de la digesta según la forma en que sean diseñado las experiencias (mediante la administración frecuente del marcador o muestreo fecal o de la digesta) para explicar estas variaciones en la excreción (Van S, 1982; citado por Church, 1993)

- **Calculo de la digestibilidad de un alimento por diferencia.**

En muchas ocasiones es necesario tener que determinar la digestibilidad de un alimento que es consumido en combinación con uno u otros alimentos más. Así sucede con suma frecuencia cuando se valoran alimentos tales como cereales o suplementos de proteínas que raras veces representan el único ingrediente de la dieta. La digestibilidad de tales alimentos puede controlarse determinando la digestibilidad de una dieta mixta que contenga el alimento por el que estamos interesados si han sido determinados previamente la digestibilidad de los restantes ingredientes de la dieta. (Church, 1993).

El calculo de la digestibilidad de un alimento mediante diferencia requiere suponer que la digestibilidad de una dieta mixta es igual a la suma de las proporciones aportadas a las dietas por cada ingrediente multiplicadas por la digestibilidad de cada ingrediente si fuesen consumidos solos o, digestibilidad de una mezcla de alimentos = Fracción del nutriente total aportado por el alimento A \* Digestibilidad del nutriente en el alimento A + Fracción del nutriente total aportado por el alimento B \* Digestibilidad del nutriente en el alimento B +....

La digestibilidad del alimento sometido a estudio puede calcularse empleando la ecuación siguiente:

$$\text{Digestibilidad del nutriente en el alimento estudiado (\%)} = \frac{(A)-(B)(C)}{(D)} \times 100$$

Siendo:

A= Digestibilidad del nutriente en la dieta total;

B= Digestibilidad de nutriente en el pienso base;

C= Proporción del nutriente total en la dieta aportada por el pienso base; y

D= Proporción de nutriente total en la dieta aportada por el alimento estudiado.

## 4. MATERIALES Y METODOS

Esta investigación se llevo a cabo en la Estación Experimental y de practicas de la facultad de ciencias agronómicas de la Universidad de El Salvador, ubicada en el municipio de San Luis Talpa, Departamento de La Paz, durante los meses de: Junio de 2006 a Marzo de 2007. La ejecución del ensayo consta de tres fases las cuales se detallan a continuación:

### 4.1. Fase de gabinete:

Esta fase comprendió como primer punto la elaboración de una encuesta, a través de la cual se determinó la disponibilidad de los materiales utilizados en la elaboración de los ensilajes; se entrevistaron comerciantes del mercado mayorista “La Tiendona”, en el periodo comprendido del 12 al 16 de junio de 2006 y esta consistió en un cuestionario de preguntas abiertas de fácil respuesta para el entrevistado. Posteriormente se analizó los resultados obtenidos con el fin de determinar la cantidad y tipo de materiales disponibles para esta investigación.

Los resultados, nos permitieron determinar la disponibilidad de materiales para la ejecución del ensayo y posterior uso por parte de los ganaderos; los materiales disponibles en cantidades suficientes fueron: Sandia (4 toneladas / semana), melón (2 toneladas / semana), naranja (2 toneladas / semana), cáscaras de plátano (8 toneladas / semana), residuos vegetales (repollo, brócoli, lechuga.), (2 toneladas / semana).

Otro material que se utilizó fue residuo de musáceas (pseudotallos y hojas), para verificar la disponibilidad de este material se consultó los informes estadísticos del programa frutales del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), a través del cual se pudo determinar que en el país existe un área cultivada de 1,656.8 Ha, lo que indica que existe material suficiente para su uso como alimento en ganado bovino en la época seca.

## 4.2. Fase de campo.

Esta fase inició con la selección del lugar adecuado para el almacenaje de los productos, posteriormente se definió la forma y tamaño del silo a utilizar, considerando el tiempo de duración del ensayo y, la cantidad de material que se utilizaría en la alimentación de los animales; llegando a la conclusión de que el diseño del silo sería tipo bunker y tendría las siguientes dimensiones: Largo: 2.0 m, Ancho: 1.0 m, Alto: 0.5 m, con una forma rectangular y un volumen de 600 kg. El material utilizado para la construcción de las paredes de los silos fue madera de conacaste y piso fraguado.

Realizado lo anterior, el paso siguiente fue la recolección de los diferentes materiales que se utilizaron en la elaboración de los ensilajes para lo cual fue necesaria la colaboración de los comerciantes del mercado mayorista La Tiendona, quienes nos facilitaron el acopio de los materiales al permitirnos la ubicación de recipientes en cada uno de los lugares de venta. Una vez, colectados los materiales en cantidades suficientes, fueron transportados al lugar donde se llevaría a cabo el experimento, y posteriormente se procedió a la preparación de los mismos para el proceso de ensilado, lo cual se hizo de la siguiente manera:



Figura 1: Transporte de los materiales



Figura 2: Acopio de los materiales.

#### 4.2.1 Ensilaje de frutas.

Los materiales colectados para la elaboración de este ensilaje fueron sandía, melón y naranja, los cuales fueron pesados con el propósito de determinar la relación de cada uno de los materiales utilizados en la elaboración del ensilaje, los pesos obtenidos fueron de 1,177 lbs de Sandía, 900 lbs de naranja y 84 lbs de melón. Luego se picaron los materiales procurando que el tamaño de los trozos fuera aproximadamente de dos pulgadas, con el propósito de facilitar la compactación de los materiales; el material picado se fue depositando en el silo en capas de aproximadamente 30 cm, las cuales se fueron compactando evitando de esta manera la pérdida del material debido a la presencia de cámaras de aire.

Una vez terminado este proceso se cubrió el material depositado en el silo con plástico de polietileno con el propósito de evitar la entrada de aire garantizando de esta manera el desarrollo adecuado del proceso de fermentación, obteniendo así, un ensilaje de buena calidad. Para facilitar el drenaje de los lixiviados producidos a causa de la naturaleza de los materiales, fue necesario colocar en la parte mas baja del silo, un tubo de dos pulgadas de diámetro por dos metros de largo, acelerando así la pérdida de humedad contenida en los materiales ensilados.



Figura 3: Picadora mecánica



Figura 4: Picado de los materiales.

#### 4.2.2 Ensilaje de cáscara de plátano.

Para elaborar este ensilaje se utilizaron 1,200 libras de material, el cual se picó en forma mecánica obteniendo al final un producto de consistencia pastosa. El material picado se fue depositando en el silo en capas de aproximadamente 30 cm, las cuales se fueron compactando evitando de esta manera la pérdida del material debido a la presencia de cámaras de aire, una vez terminado este proceso se cubrió el material depositado en el silo con plástico de polietileno, con el propósito de evitar la entrada de aire garantizando de esta manera el desarrollo adecuado del proceso de fermentación obteniendo así, un ensilaje de buena calidad.

Para facilitar el drenaje de los lixiviados producidos a causa de la naturaleza de los materiales, fue necesario colocar en la parte más baja del silo, un tubo de dos pulgadas de diámetro por dos metros de largo, acelerando así la pérdida de humedad contenida en los materiales ensilados.



**Figura 5: Ensilaje de cáscara de plátano.**

#### 4.2.3. Ensilaje de Musáceas:

En la elaboración de este ensilaje, se utilizaron 1,200 libras de residuos de Musáceas (pseudotallo y hojas), el cual se picó en forma mecánica obteniendo al final un producto de consistencia fibrosa. El material picado se fue depositando en el silo en capas de aproximadamente 30 cm, las cuales se fueron compactando evitando de esta manera la pérdida del material debido a la presencia de cámaras de aire, una vez terminado este proceso se cubrió el material depositado en el silo con plástico de polietileno, con el propósito de evitar la entrada de aire garantizando de esta manera el desarrollo adecuado del proceso de fermentación obteniendo así, un ensilaje de buena calidad. Para facilitar el drenaje de los lixiviados producidos a causa de la naturaleza de los materiales, fue necesario colocar en la parte mas baja del silo, un tubo de dos pulgadas de diámetro por dos metros de largo, acelerando así la pérdida de humedad contenida en los materiales ensilados.

#### 4.2.4. Ensilaje de sorgo.

La cantidad de material utilizada en la preparación de este ensilado fue de 1,800 libras. El material fue picado en forma mecánica, obteniendo al final trozos de aproximadamente tres centímetros de longitud. El material picado fue depositado en el silo en capas de aproximadamente 30cm, las cuales se fueron compactando evitando de esta manera la pérdida del material debido a la presencia de cámaras de aire, una vez terminado este proceso se cubrió el material depositado en el silo con plástico de polietileno, con el propósito de evitar la entrada de aire garantizando de esta manera el desarrollo adecuado del proceso de fermentación obteniendo así, un ensilaje de buena calidad. Para facilitar el drenaje de los lixiviados producidos a causa de la naturaleza de los materiales, fue necesario colocar en la parte mas baja del silo, un tubo de dos pulgadas de diámetro por dos metros de largo, acelerando así la pérdida de humedad contenida en los materiales ensilados.

Para verificar que los procesos de fermentación se estuvieran desarrollando en forma correcta se monitoreo la temperatura y PH en cada uno de los silos en intervalos de cuatro días por un periodo de veintidós días, periodo en el cual estos dos factores se estabilizaron.

#### 4.2.5. Comportamiento de los parámetros evaluados durante el período de fermentación de los ensilados.

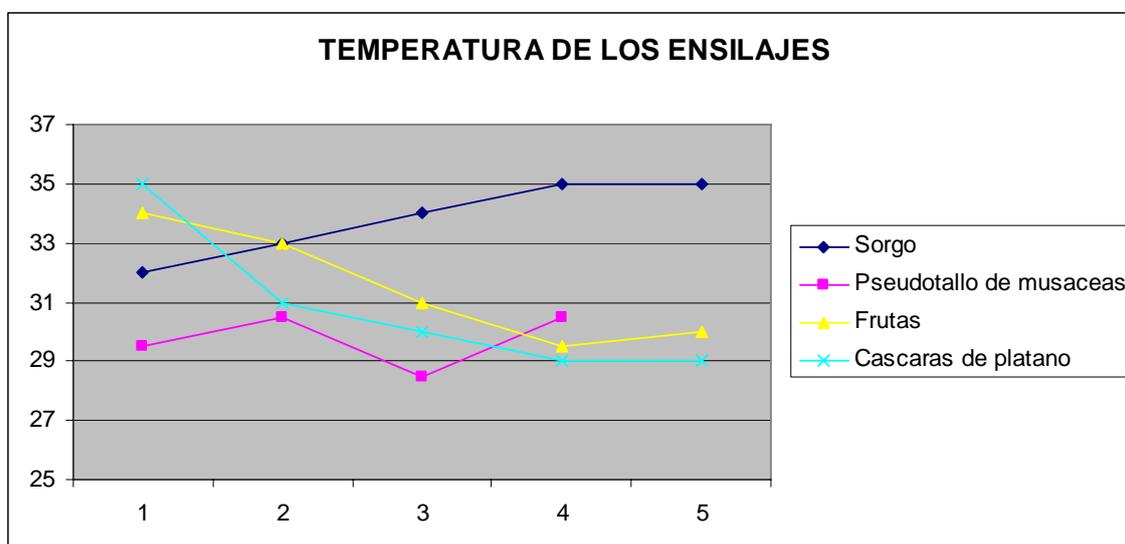
**Tabla N° 2. Valores de temperatura durante el periodo de fermentación de los ensilajes.**

MUESTREO	TRATAMIENTOS			
	Sorgo	Pseudotallo de musáceas	Frutas	Cáscaras de plátano
Día 0	32	29.5	34	35
Día 4	33	30.5	33	31
Día 8	34	28.5	31	30
Día 12	35	30.5	29.5	29
Día 16	35		30	29

Según los valores de temperatura obtenidos durante el periodo de fermentación de los diferentes tipos de ensilajes, se observa que el comportamiento de la temperatura para cada uno de ellos posee tendencias diferentes, por ejemplo, los ensilajes de frutas y cáscaras de plátano, presentan una tendencia descendente, si observamos que la temperatura para el día cero, fue de 34°C y 35°C respectivamente, y la temperatura para el día final de muestreo fue de 30°C y 29 °C respectivamente.

Los valores de temperatura obtenidos para ambos ensilajes, se encuentran dentro de los rangos de temperatura óptimos par un ensilaje de buena calidad, ya que según Hiriart, M. 1998. Al referirse a la calidad y el valor forrajero de un ensilaje, intervienen diversos factores, tales como: El método seguido en el ensilaje, la variedad y la calidad del forraje o de la mezcla forrajera utilizada, la proporción entre hojas y tallos de las plantas conservadas, porcentaje de humedad del 70%, temperatura entre 26.7 °C y 37.6 °C. Por otra parte los ensilajes de sorgo y pseudotallo de musáceas, presentan tendencias diferentes entre si ya que el ensilaje de sorgo presento una tendencia ascendente, con un valor inicial de 32 °C, y un valor final de 35 °C; lo que demuestra también que estos valores se encuentran dentro de los rangos de temperatura optimas para un ensilaje de buena calidad; por el contrario el ensilaje de pseudotallo de musáceas presento fluctuaciones en sus valores durante todo el proceso de fermentación, observándose ascensos y descensos en los valares de temperatura registrados.

**Figura 6: Temperatura de los ensilajes durante el período de fermentación.**



Con el propósito de lograr una mejor comprensión del comportamiento de las temperaturas obtenidas para cada uno de los ensilajes durante todo el periodo de fermentación, se presenta en la figura anterior, las curvas de temperatura para

cada uno de ellos, observando que los ensilajes de cáscaras de plátano, sorgo y frutas aun que presentan comportamientos un tanto diferentes entre si, en un determinado momento del período de fermentación, estos tienden a estabilizarse, manteniendo su temperatura constante hasta el final del proceso de fermentación. El caso contrario lo observamos en la curva que representa al ensilaje de pseudotallo de musáceas, ya que este presenta fluctuaciones durante todo el período de fermentación; este comportamiento probablemente se deba a que en el momento de realizar el ensilado no se hizo de forma correcta los pasos a seguir para la obtención de un ensilaje de buena calidad (picado, compactado, tapado, etc.), (ver anexo 2); otro factor que pudo haber influido en este comportamiento, es que dentro de la composición química de esta planta (musáceas), exista la presencia de sustancias que inhiban el desarrollo o proliferación de los microorganismos que favorecen la fermentación láctica.

**Tabla N° 3. Valores de pH durante el periodo de fermentación de los ensilajes.**

MUESTREO	TRATAMIENTOS				
	Sorgo	Pseudotallo de musáceas	Frutas	Cáscaras de plátano	Orchadgrass *
Día 0	7	7	4	5	6.3
Día 4	7	9	4	4	5.9
Día 8	6	7	3	4	4.1
Día 12	5	8	4	4	4.1
Día 16	4	8	4	4	4.2

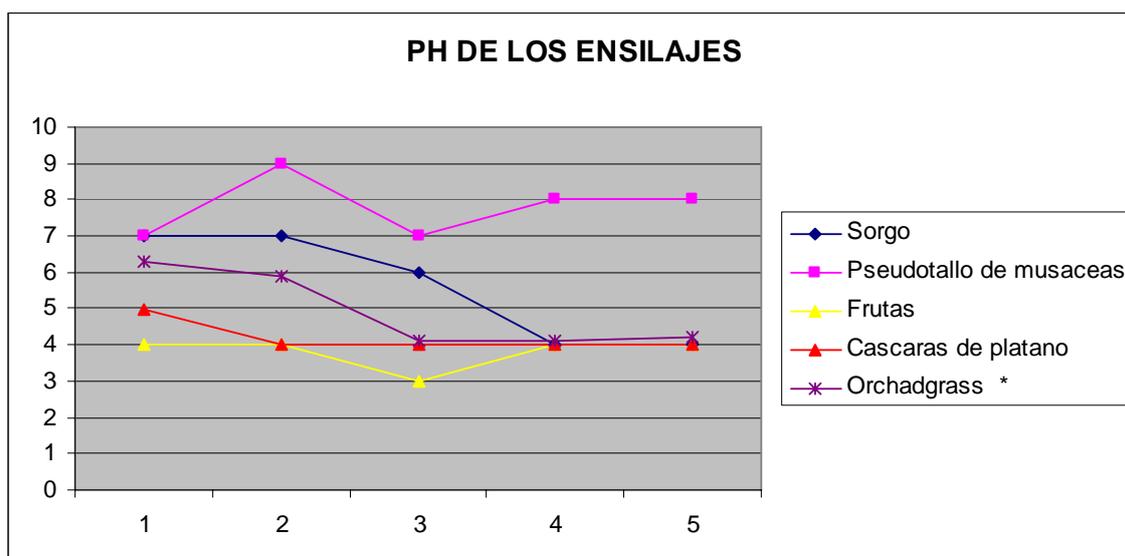
\*Sasaki Yamashita, et al (1970)

Según los valores de pH presentados en la tabla anterior, de los cuatro ensilajes estudiados, los que presentaron un comportamiento ideal para todo proceso de fermentación en un buen ensilaje son los ensilajes de sorgo, frutas y cáscaras de plátano ya que para los tres ensilajes el valor final de pH obtenido fue

de 4, favoreciendo de esta manera las condiciones necesarias para la proliferación de las bacterias ácido lácticas, garantizando así, la calidad del ensilaje y la preservación del mismo, ya que para poder asegurar que un ensilaje es de buena calidad, es necesario que tenga un pH de 3.7 a 4.2 (Hiriart, M. 1998). En el caso del pseudotallo de musáceas los valores de pH se mantuvieron elevados, debido que es un material de rápida oxidación y alto contenido de taninos lo afecto el proceso de fermentación, otro factor que afecto fue el manejo después de elaborado el ensilado.

Según un estudio realizado por Sasaki, Y. 1970. Determino que los valores óptimos de pH para obtener un ensilaje de buena calidad, son los que se encuentran entre 4.1 y 4.3. Con el propósito de comparar los resultados obtenidos por este investigador con los resultados obtenidos para los ensilajes de sorgo, pseudotallo de musáceas y frutas, se tomaron los valores de pH obtenidos durante el proceso de fermentación de uno de los materiales analizados por Sasaki (Orchadgrass), los cuales presentan similitud con los valores obtenidos durante el periodo de fermentación de los ensilajes en estudio.

**Figura 7: pH de los ensilajes durante el periodo de fermentación.**



Según los valores de pH presentados en la figura anterior, de los cuatro ensilajes estudiados, los que presentaron un comportamiento ideal para todo proceso de fermentación en un buen ensilaje son los ensilajes de sorgo, frutas y cáscaras de plátano ya que para los tres ensilajes el valor final de pH obtenido fue de 4, (tabla 3), favoreciendo de esta manera las condiciones necesarias para la proliferación de las bacterias ácido lácticas. Por otra parte, el ensilaje de pseudotallo de musáceas, presenta un comportamiento totalmente contrario al esperado, ya que este presenta fluctuaciones durante casi todo el período de fermentación llegando a estabilizarse hasta el final del período de fermentación (tabla 3).

#### 4.2.5. Diseño y fabricación de las jaulas.

Posterior al almacenaje de los materiales como ensilajes, se continuó con el diseño de las jaulas metabólicas las cuales tenían las siguientes características: Altura total = 0.95m, de los cuales 0.35m es la altura desde el suelo al piso de la jaula y, 0.60m es la altura del piso de la jaula hasta la parte superior de la misma, ancho = 0.5m, largo = 1.0m. La estructura de las jaulas se hizo de madera, para cerrar sus lados se utilizó malla ciclón, el piso se hizo de madera sobre el cual se colocó una bandeja de tela sarán metálica de 5 mm de luz con el propósito de facilitar la recolección de las heces y evitar además que estas se mezclaran con las orinas logrando de esta manera reducir la contaminación de las orinas. En la parte inferior del piso se colocó un canal de lamina galvanizada el cual tenía como función recibir las orinas y conducir las directamente a un recipiente de almacenamiento.

Las puertas de las jaulas fueron construidas en su totalidad de madera, y sobre ellas se colocaron aros contruidos con varías de hierro de  $\frac{1}{4}$ , lo cual nos permitió obtener una mayor resistencia ya que sobre estos se colocaron pequeños baldes plásticos los cuales desempeñaban la función de comederos y bebederos.



**Figura 8: Fabricación de las jaulas.**



**Figura 9: Jaula terminada.**

#### 4.2.6. Montaje del ensayo.

El montaje del ensayo se realizó en la estación experimental y de prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de La Universidad de El Salvador, ubicada en el municipio de San Luís Talpa, Departamento de La Paz. El tiempo de duración del ensayo fue de cinco semanas, donde la primera semana fue la etapa de pre adaptación, la cual tenía como propósito ambientar las unidades experimentales (Cabras) a las condiciones dentro de las cuales se llevaría a cabo el ensayo, ya que estas provenían de condiciones totalmente diferentes.



**Figura 10: Montaje del ensayo.**

La cabras utilizadas como unidades experimentales fueron de la raza Murciana, la hembra de esta especie es de origen Española, pesan de 50 a 60 kg; los machos, de 65 a 70 kg. El color de pelo es rojo caoba, aunque también existen colores negro y pardo. Su producción de leche oscila entre 450 y 500 kg, con 4.8% de grasa. (Koeslag, 2004)

La segunda semana fue la etapa de adaptación, la cual consistió en cambiar gradualmente el hábito alimenticio, donde se comenzó a alimentar con una mezcla que contenía un 75% pasto natural y 25% de ensilaje y así sucesivamente hasta llegar a alimentar con 100% de ensilaje en la ración.



**Figuras 11 y 12: Etapa de adaptación y evacuación de los animales.**

La tercera semana constituyo la primera fase de muestreo lo cual se realizo de la siguiente manera:

#### 4.2.7. Recolección de muestras de heces.

Los pasos que se siguieron en la toma de muestras de heces son los siguientes a) Retirar el animal de la jaula, b) retirar la bandeja, c) limpiar las heces

depositadas en la bandeja sobre un plástico, d) pesar las heces colectadas, e) identificar las muestras, f) almacenar las muestras en refrigeración.

La recolección de las heces se realizaba por la mañana, entre las ocho y diez iniciando por sacar los animales de sus jaulas teniendo cuidado de que si estos orinaban o defecaran en ese momento, las heces y orinas cayeran sobre un recipiente con el objetivo de evitar la contaminación y la pérdida de la muestra. Simultaneo a esto, otra persona se encargaba de retirar las bandejas de cada una de las jaulas y limpiar las heces depositadas, teniendo cuidado que toda la muestra se depositara sobre un plástico y que no quedaran residuos sobre la bandeja, posteriormente se pesaba la muestra, homogenizando está para garantizar la representatividad, tomando una submuestra del 10% colocándola en bolsas plásticas previamente identificadas y luego se almacenaban en refrigeración.



**Figura 13: Recolección de heces.**



**Figura 14: Pesado de las heces.**

#### 4.2.8. Recolección de muestras de orina.

La recolección de las orinas se hizo de la siguiente manera; el primer paso era rociar ácido sulfúrico al 10% sobre el piso de las jaulas y el canal de

conducción de las orinas que se encontraba ubicado en la parte inferior del piso de la jaula, con el propósito de reducir al máximo la contaminación de las orinas por acción del metal con el cual fueron construidos los canales; posteriormente se colocaron frascos plásticos al final del canal el cual tenía un desnivel cuya función era, coleccionar las orinas y depositarlas directamente en el recipiente de recolección que contenía además 20 ml de ácido sulfúrico al 10% con el fin de conseguir el propósito antes mencionado; se colocó además en la boca de los frascos un tamiz muy fino para evitar la contaminación de las orinas con partículas de heces.

El proceso para la toma de muestra de orina se iniciaba retirando los frascos que contenían la orina recolectada, posteriormente se pesaba, se medía el pH el cual debía ser menor de 3, caso contrario se agregaba a la muestra Ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) al 10% hasta llegar al pH deseado; luego se medía su volumen para determinar la cantidad de muestra a tomar, la cual era 5% del volumen total. La muestra tomada se colocaba en pequeños frascos plásticos, previamente identificados los cuales posteriormente eran almacenados en refrigeración, tomando en cuenta que las muestras tienen que ser congeladas y mantenerse así hasta el momento del análisis en el laboratorio, de lo contrario se corre el riesgo de perder las muestras.

La cuarta semana del ensayo consistió en el cambio de la dieta, lo cual se hizo azarizando los tratamientos, con el propósito de obtener una mejor representatividad. En este momento se inició una nueva etapa de adaptación, así como también la evacuación del tracto digestivo, asegurando de esta manera que las muestras a tomar correspondan únicamente a los nuevos tratamientos ofrecidos.

En la quinta semana se realizó la segunda fase de muestreo, donde la recolección de muestras y toma de datos se hizo de la misma manera que en la tercera semana.

Realizada todas las actividades comprendidas durante este periodo se da por finalizada la fase de campo, continuando posteriormente con la fase de laboratorio.

Se realizaron las pruebas de degradabilidad *in situ* debido a que los resultados obtenidos en el método *in vivo* no eran confiables ya que los porcentajes de digestibilidad eran demasiados altos.

#### 4.2.9. Pruebas de degradabilidad *in situ*.

Con el propósito de determinar el porcentaje de degradabilidad de la materia seca de los alimentos utilizados en el ensayo, se realizaron pruebas de degradabilidad *in situ*, incubando muestras de cada uno de los alimentos en estudio, directamente en el rumen del animal utilizado como unidad experimental durante un periodo de cinco días, colocando las muestras a diferentes intervalos de tiempo (12, 24, 36, 48, 72 y 96 horas respectivamente), a través de las cuales se puede determinar la cinética de desaparición del sustrato en el rumen del animal.

#### **4.3. Fase de laboratorio.**

Esta fase se llevo a cabo en el laboratorio de Química Agrícola de la facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador y, comprende todo el desarrollo de los procesos correspondientes a cada una de las determinaciones que forman parte del análisis bromatológico en alimentos (determinación de fibra ácido detergente, determinación de fibra neutro detergente, determinación de proteína cruda, determinación de humedad).

#### 4.3.1. Análisis bromatológico.

- **Determinación de Fibra Ácido Detergente (FAD).**

La determinación de fibra ácido detergente, se hizo a través del método de Van Soest, lo cual consistió en pesar 0.5 gr de la muestra a analizar y se colocó en un beaker tipo Berzellius y posteriormente se le agregó 50 ml de solución ácido detergente, luego se llevó a ebullición durante una hora, periodo en el cual se continuó agregando solución ácido detergente, haciendo uso de una pizeta, con el objetivo de lavar las partículas que se iban adhiriendo a las paredes del beaker como producto de la ebullición constante, llevando la solución a un volumen de 100 ml.

Finalizado el tiempo de digestión, se procedió al filtrado de las muestras, haciendo uso de una bomba de succión con el propósito de generar vacío, la cual se conectaba a un erlenmeyer kitazato sobre el cual se colocó un crisol de fondo poroso y sobre este se vertió la solución contenida en el beaker, posteriormente se lavó con agua destilada caliente las paredes de este asegurándose que no quedaran adheridos residuos de la muestra, luego se lavó también la muestra depositada en el fondo del crisol, con el propósito de eliminar completamente la solución existente entre las partículas de la muestra, asegurándose de esta manera, que el residuo contenido en el crisol de fondo poroso sean únicamente celulosa y lignina. El residuo obtenido a través del filtrado se colocó en una estufa de vacío a una temperatura de 105°C durante una hora, seguidamente se colocó la muestra en un desecador por un periodo de una hora y luego se pesó obteniendo de esta manera el peso del crisol más la muestra seca para su posterior uso en el cálculo del porcentaje de Fibra Ácido Detergente.

- **Determinación de Fibra Neutro Detergente (FND).**

La determinación de fibra neutro detergente, se hizo a través del método de Van Soest, lo cual consistió en pesar 0.5 gr de la muestra a analizar la cual se

coloco en un beaker tipo Berzellius y posteriormente se le agrego 50 ml de solución neutro detergente, y se llevo a ebullición durante una hora, periodo en el cual se continuo agregando solución neutro detergente, haciendo uso de una pizeta, con el objetivo de lavar las partículas que se iban adheriendo a las paredes del beaker como producto de la ebullición constante, llevando las solución a un volumen de 100 ml.

Finalizado el tiempo de digestión, se procedió a filtrado de las muestras, haciendo uso de una bomba de succión con el propósito de generar vacío, la cual se conectaba a un erlenmeyer kitazato sobre el cual se colocaba un crisol de fondo poroso y sobre este se vertió la solución contenida en el beaker, posteriormente se lavo con agua destilada caliente las paredes de este asegurándose que no quedaran adheridos residuos de la muestra, luego se lavo también la muestra depositada en el fondo del crisol, hasta eliminar completamente la solución existente entre las partículas de la muestra, con el propósito de que el residuo contenido en el crisol de fondo poroso sea únicamente celulosa, hemicelulosa y lignina. El residuo obtenido a través del filtrado se coloco en una estufa de vacío a una temperatura de 105°C durante una hora, seguidamente se coloco la muestra en un desecador por un periodo de una hora y luego se peso obteniendo de esta manera el peso del crisol mas la muestra seca para su posterior uso en el calculo del porcentaje de Fibra Neutro Detergente.



**Figuras 15 y 16: Determinación de fibra ácido y neutro detergente.**

- **Determinación de Proteína.**

**Digestión:** La determinación de proteína se hizo de la siguiente manera, se peso 0.1gr de muestra en papel filtro la cual se coloco en un balón microkjeldahl de 100ml, al cual se agrego 1.5gr de sulfato de potasio ( $K_2SO_4$ ) y 0.1gr de oxido de mercurio (HgO) como catalizadores, los cuales tienen la función de acelerar la carbonización de la materia orgánica y liberación de nitrógeno. Luego se agrego 6ml de ácido sulfúrico concentrado agitándolo para luego ponerlo a digerir en el digestor mover constantemente (por medio de rotación) los balones y esperar hasta que la solución este clara.

**Destilación:** Se dejo enfriar los balones posteriormente se les agrego agua destilada hasta la mitad del bulbo dejándolos enfriar nuevamente ,se le añadió 3.5ml de tiosulfato de sodio ( $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ ) al 8%, agregándole 3 perlas de vidrio y 2 granallas de zinc a cada balón, dejar enfriar nuevamente luego agregar 25ml de hidróxido de sodio (NaOH) al 50% .En un erlermeyer de 125ml se midió 15ml de ácido bórico ( $HBO_3$ ) al 4%, mas dos gotas de indicador (rojo de metilo y azul de metileno), colocándolos al aparato de destilación.

Se pusieron los balones a destilar hasta el viraje de color de la solución contenida en el erlermeyer (azul intenso a verde claro) haciéndolo llegar a un volumen de 50ml.

**Valoración:** El material obtenido a través de la destilación, se valoro con ácido clorhídrico (HCL) al 0.1046 N, hasta el cambio de color (de verde claro a azul intenso) lo cual indica el punto final de la valoración.

- **Humedad Parcial.**

Para determinar la humedad parcial se colocaron las muestras en bolsas de papel las cuales se perforaron, con el objeto que circule aire durante el proceso de

secado se rotularon las bolsas con: nombre, fecha e identificación de la muestra y se pesaron obteniendo así el peso de bolsa vacía. Luego se colocaron en estufa de aire caliente circulante durante 24 horas a una temperatura de 70°C, se sacaron las muestras y se colocaron en un desecador hasta llevar a temperatura ambiente, luego se pesaron obteniendo así el valor de peso de bolsa mas muestra. Para conocer el peso de la muestra se hizo por diferencia de peso de bolsa vacía y peso de bolsa mas muestra, la perdida de humedad resulta de restar el peso de bolsa mas muestra húmeda y peso de bolsa mas muestra seca.

Para calcular el % de humedad parcial se hizo de la siguiente manera se dividió la perdida de peso entre peso de muestra multiplicado por cien.

- **Humedad total.**

El calculo de humedad total se realizo de la siguiente manera, se secaron los crisoles en una estufa de aire circulante a una temperatura de 105°C durante por un periodo de dos horas, luego se colocan en un desecador durante una hora, después se pesaron en balanza analítica obteniendo así el peso del crisol vacío, en el mismo crisol se pesaron 2gr de muestra esto corresponde al peso de crisol mas muestra antes de secar. Luego estos se colocaron en la estufa durante cinco horas, se sacaron y se colocaron en un desecador durante un tiempo de una hora posteriormente se peso obteniendo así el valor de crisol mas muestra después de secar.

Para calcular la perdida de peso se hace por diferencia entre peso de crisol más muestra antes de secar y peso de crisol mas muestra después de secar. El % de humedad total resulta de la división de perdida de peso entre peso de la muestra multiplicado por cien.

- **Determinación de Ceniza.**

La determinación de cenizas se hizo de la siguiente manera, primero se colocaron los crisoles en el horno de mufla a una temperatura de 550 °C durante

un periodo de una hora, luego se sacaron los crisoles de la mufla y se colocaron en un desecador durante un periodo de una hora, después de este tiempo se pesaron los crisoles anotando este peso el cual corresponde a el peso de crisol vacío.

Luego se pesaron 2 gr. de muestra, este valor corresponde al peso del crisol mas muestra seguido se coloco este en el horno de mufla a una temperatura de 550°C durante un periodo de una hora, retiramos el crisol y lo colocamos en un desecador durante una hora anotando este peso el cual corresponde al peso de crisol mas muestra después de incinerada.

Para calcular el peso de la muestra se hizo de la siguiente forma, al peso del crisol mas muestra se le resto el peso del crisol vacío, para determinar el peso de la ceniza se resto el peso de crisol mas muestra después de incinerada con el peso del crisol vacío. El porcentaje de ceniza se calculo de la siguiente manera, se dividió el peso de la ceniza con el peso de la muestra y luego se multiplico por cien.

Con la realización de todos los análisis anteriormente descritos, finalizo la etapa de laboratorio, posteriormente se analizaron los resultados obtenidos con el objetivo de conocer cuales de los tratamientos en estudio tienen los requerimientos nutricionales necesarios en la alimentación de los rumiantes, y de esta manera poder recomendar a los ganaderos algunas alternativas de alimentación en la época mas critica, en donde el alimento ofrecido no garantiza los requerimientos mínimos, necesarios para la buena alimentación de los animales.

#### 4.3.2. Degradabilidad *in situ*.

- **Clasificación de las bolsas. (Bolsas de Nylon)**

Para clasificar las bolsas que se utilizaron en el método de degradabilidad *in situ* se tomaron en cuenta, algunas precauciones tales como revisar si las bolsas estaban rotas, verificar la identificación de cada una de ellas asegurándose que sea visible y legible fácilmente.

Es importante recordar que la tela de las bolsas que se utilizaron, como todas las telas, están constituidas por una serie de hilos que se entrelazan de manera horizontal y vertical, dejando un espacio conocido como poro. Los parámetros más importantes que se midieron para poder caracterizar las telas de confección de las bolsas de degradación son:

- A) N° de poro por  $\text{cm}^2$
- B) Tamaño de poro ( $\mu^2$ ).
- C) Porcentaje de área de paso.

Además hay que tomar en cuenta el área de paso dentro de la superficie de la bolsa (%); Ya que si no se cuenta con ninguna de estas especificaciones es necesario realizarlas por que son base para el uso de esta técnica.

Respecto al N° de poros por  $\text{cm}^2$  Rodríguez, 1968; citado por Camero, 1984, manifestó que el material con 1,680; 2,303 y 2,550 poros por  $\text{cm}^2$  dio valores similares en cuanto a la desaparición de la materia seca, pero el tamaño del poro está relacionado con la cantidad de líquido ruminal que puede entrar a la bolsa fácilmente y mezclarse con la muestra (Orskov, et al 1980).

- **Preparación de las bolsas.**

Para preparar las bolsas lo que se realizó fue la identificación de cada una de estas, colocándoles un número correlativo que representaba la muestra que contenía la bolsa, posteriormente se lavaron las bolsas con detergente, asegurándose que no quedaran residuos de las muestras anteriores quedando de

esta maneras limpias, luego se colocaran las bolsas en una estufa de aire circulante durante un periodo de 24 horas, ya secas las bolsas se colocaron en un desecador durante un periodo de 1 hora y finalmente se pesaron para su posterior uso.

- **Preparación de la muestra. (Cantidad y tamaño de la muestra)**

Para conocer la cantidad de la muestra a utilizar se realizo un calculo matemático tomando en cuenta la altura de amarre (7.5cm) y ancho de la bolsa (7cm) de acuerdo al calculo se determino que la cantidad de muestra a utilizar fue de 2 gr por bolsa.

La muestra molida se pasó por un tamiz de 2mm de diámetro asegurándose que las partículas quedaran lo más homogéneamente posibles, para garantizar que al estar en contacto con líquido ruminal, estas no se disuelvan y puedan ser consideradas como material degradado.

- **Tiempos de incubación las muestras.**

Las bolsas conteniendo las muestras en estudio se incubaron a diferentes tiempos en el rumen de las vacas (12, 24, 36, 48, 72 y 96 horas). En donde al inicio se incubaron las muestras que correspondían al tiempo de 96 horas, de igual manera se realizo con los demás tiempos hasta llegar al de 12 horas. Finalizados los tiempos de incubación se procedió a extraer del rumen de los animales la malla de corsetería conteniendo todas las muestras.

- **Determinación de los tiempos ceros.**

Los tiempos ceros, se calcularon en el laboratorio para determinar de esta manera que cantidad de la materia que forma parte de la muestra, es soluble en agua, para lo cual se procedió de la siguiente forma:

**Tiempo cero en papel filtro:** El primer paso en esta determinación fue colocar el papel filtro en una estufa a 60°C, luego se pesó y posteriormente, se pesó

también 1 gramo de la muestra a evaluar y se colocó en un erlenmeyer al cual se le adicionaron 50 ml de agua destilada, se agitó por un minuto y se dejó reposar durante 15 minutos más. Transcurrido el tiempo de reposo se procedió al filtrado de la muestra la cual se colocó inmediatamente después en una estufa a 60°C durante 24 horas.

Concluidas las 24 horas, se sacó la muestra de la estufa y se colocó en desecador por 15 minutos, luego se pesó y por diferencia de peso se determinó el tiempo cero de esta muestra en papel filtro.

**Tiempo cero en bolsa:** Para la determinación del tiempo cero en bolsa, se pesaron 2 gramos de la muestra a evaluar y posteriormente se colocaron en una bolsa de nylon previamente pesada, luego se lavó y se colocó en una estufa a 60°C por un periodo de 24 horas, posteriormente se colocó en desecador durante 15 minutos y después se pesó y por diferencia de peso se determinó el tiempo cero en bolsa.

- **Determinación del % de degradabilidad.**

Previo a la determinación del porcentaje de degradabilidad de las muestras estudiadas, se lavaron varias veces las bolsas de nylon extraídas del rumen de los animales utilizados como unidades experimentales, con el propósito de eliminar por completo los residuos de líquido ruminal presente en ellas; posteriormente se procedió a retirar el amarre de las bolsas, lavándolas nuevamente y luego se colocaron en una estufa a 60°C por un periodo de 24 horas; transcurrido este período se tomaron 3 bolsas al azar, se colocaron en desecador durante 15 minutos y luego se pesaron y se colocaron de nuevo en la estufa; este proceso se repitió dos veces más, hasta obtener un peso constante; en el momento en que se obtuvo un peso constante se extrajeron todas las muestras de la estufa y se colocaron en desecador durante una hora para luego pesar las muestras y posteriormente realizar los cálculos respectivos para la obtención del porcentaje de degradabilidad de las muestras estudiadas.

La obtención del porcentaje de degradabilidad se realizó de dos formas que son a través de cálculos matemáticos y a través del programa estadístico NOWAY.

#### 4.4. Metodología Estadística.

Para conocer la tasa de desaparición del sustrato alimenticio a nivel ruminal, los tratamientos evaluados se sometieron a un análisis simple de regresión lineal para determinar el comportamiento de la cinética de degradación de los materiales en estudio. Además los promedios obtenidos se corrigieron a través del programa estadístico llamado NOWAY (1994) (Rowett Research Institute Aberdeen Scotland) propuesta por Ørskov et. al. (1980), el cual se basa en la determinación de una ecuación exponencial para obtener las constantes de degradación ruminal, ayudándonos a predecir la degradabilidad efectiva ruminal (DER) a una determinada tasa de flujo; ya que es un programa de clasificación de materiales alimenticios según el tipo de clima. Los valores calculados para la desaparición (%) de la MS y de la MO a diferentes tiempos de incubación en el rumen, fueron analizados a través del programa NOWAY., para obtener las constantes de degradación ruminal las cuales son: **a, b y c.**

$$D = a + b (1 - \exp^{-ct})$$

Donde:

D = Degradación real después de un tiempo "t"

a = Intercepto de la curva de degradación en tiempo cero (material de rápida degradación).

b = Fracción insoluble potencialmente degradable cuando el tiempo no es limitado

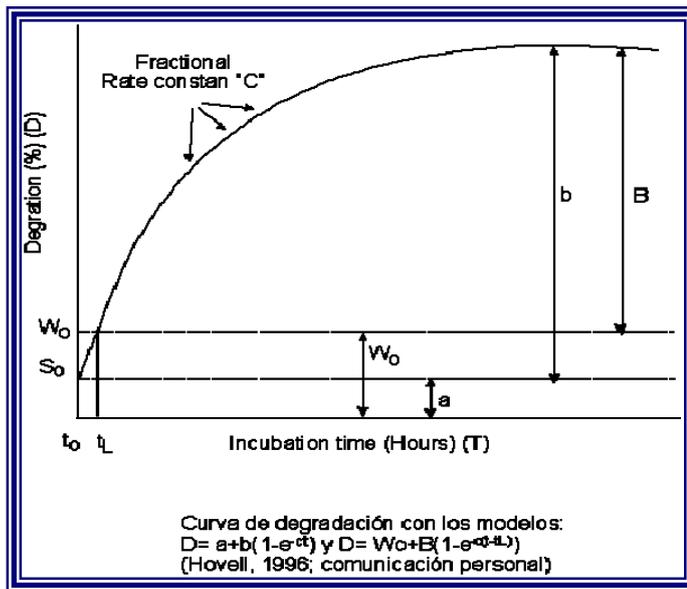
(material de lenta degradabilidad por los microorganismos ruminales).

c = La constante para la tasa fraccional de degradación de "b"

t = Tiempo de incubación de las bolsas en el rumen.

De las constantes anteriores se derivó B (fracción realmente degradable o fermentable que no es soluble), la cual es definida como  $B = (a + b) - A^0$ , donde:  $A^0$  es la fracción soluble al tiempo cero medido en papel filtro y  $(a+b)$  es el potencial de degradación del material evaluado. (figura 17).

**Figura 17: Curva de degradación ruminal.**



## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Tabla N° 4. Resumen de los análisis químicos de los ensilajes en estudio.**

Descripción	Materia seca parcial	Materia seca	Materia seca Total	Materia orgánica	FAD	FND	Proteína
Ensilaje de Sorgo	22.81	92.31	21.06	88.64	44.49	67.13	2.62841
Ensilaje de pseudotallo de musácea	11.64	89.29	10.40	86.48	51.38	68.15	4.56843
Ensilaje de fruta	15.62	79.07	12.35	89.66	30.90	31.51	3.69968
Ensilaje de cáscaras de plátano	20.60	92.78	19.11	91.66	16.01	26.42	1.58307

Tanto el ensilaje a partir de pseudotallo de musáceas como el de frutas poseen valores bastante bajos de materia seca, por lo tanto una elevada humedad. Esos valores bajos de materia seca se relacionan claramente con las características de las plantas de plátano y guineo cuyo follaje es abundante en agua y de los frutos colectados en el mercado para la preparación del material: Naranjas y Sandías mayoritariamente. En ambos casos a pesar del proceso de ensilado en el que se corta, se compacta el material y la pérdida de agua por escurrimiento, se conserva aún mucha humedad en el producto final. Eso puede resultar contraproducente ya que se considera que excesos de humedad al momento del almacenaje pueden provocar crecimientos de hongos e impedir una adecuada fermentación por la tendencia de formar ácido propiónico, butírico o acético en lugar de láctico (Hiriart, M. 1998). Takano (2004) afirma que la humedad de las materias primas influencia grandemente el patrón de fermentación del ensilado. Al mismo tiempo un alimento demasiado rico en agua deprime la ingesta de materia seca por parte animal, pues el consumo voluntario se limita a la capacidad de los compartimentos estomacales. Premarchitar los materiales al sol

significaría una buena práctica de manejo a fin de optimizar la calidad del ensilaje, llevarlo hasta un 65 a 70% inhibe la actividad microbiana, clostridias particularmente, quienes son responsables de fermentaciones indeseadas y son sensibles a humedades bajas (Matsuoka, 2004). El ensilaje de sorgo que en este caso funciona también como testigo relativo- posee un 21.05% de materia seca total, lo cual es casi dos veces mayor que el valor que presenta el ensilaje de pseudotallo de musáceas; esto indica que este alimento posee además el menor porcentaje de humedad, lo cual es una de las características más deseables a la hora de producir ensilajes. Del mismo modo el ensilaje de cáscaras de plátano mantiene una humedad bastante aceptable. En ambos casos el escurrimiento fue bastante mínimo contrario a los otros materiales cuya producción de exudado nunca se detuvo hasta el final del experimento.

El valor de materia seca total obtenido para el ensilaje de fruta, según el cuadro resumen es de 12.35%, esto indica que el contenido de humedad en este tipo de alimentos es bastante alto debido a la naturaleza de los materiales ensilados (sandía, melón y naranja). Estos materiales en su mayoría son de consistencia acuosa lo cual como mencionamos anteriormente los hace un medio propicio para la proliferación de hongos, impidiendo el desarrollo normal de los procesos de fermentación propios de un ensilaje de buena calidad. La materia seca total obtenida para el ensilaje de cáscaras de plátano es de 19.11%, lo cual confiere a este material, una característica deseable para el proceso de ensilado ya que materiales con porcentajes relativamente altos de materia seca facilitan de gran manera todos los procesos que se llevan a cabo durante el periodo de fermentación.

Los valores de materia orgánica obtenidos para cada uno de los alimentos estudiados presentan similitud entre si y las variaciones más notables las presentan los ensilajes de cáscara de plátano con un valor de 91.66 %, y pseudotallo de Musáceas con un valor de 86.48 %. En términos generales, los cuatro alimentos presentan un alto contenido de materia orgánica, lo cual es

beneficioso desde el punto de vista nutricional ya que la materia orgánica esta compuesta por varios elementos tales como Hidratos de carbono o glucidos (CHO), Lípidos (grasas y lipoides), albuminoides o protidos y vitaminas, los cuales son aprovechados por los animales ya que su organismo no es capaz de sintetizar algunos de estos elementos; puede, si, transformar en hidratos de carbono otros principios inmediatos, pero su fuente normal son los vegetales. (Revuelta, G. 1963) A partir de los valores de materia orgánica observados también se puede deducir que no ha habido una contaminación excesiva por tierra, lo que afectaría su proceso de fermentación y restaría calidad al ensilaje.

En los rumiantes la mayor parte de los carbohidratos obtenidos a través de los alimentos, son fermentados por la microflora presente en el rumen de los animales convirtiéndolos en ácidos grasos. Una vez absorbidos por la pared intestinal, los hidratos de carbono resultantes de la digestión pasan a la sangre y son conducidos al hígado donde son polimerizados en forma de glucógeno, el cual representa una gran reserva hidrocarbonada a disposición de todo el organismo. Es por esta razón que el valor biológico de la materia orgánica, estriba fundamentalmente en poseer en cantidad y calidad, los diferentes elementos para satisfacer las necesidades orgánicas de los animales que la consuman. El potencial alimenticio de un forraje depende de la proporción de la fracción soluble, de la fracción insoluble pero fermentable, de la tasa de fermentación de ésta y de la tasa de eliminación a la que la fracción no fermentada se elimina del rumen (Orskov, 1994).

Según el cuadro resumen, para Fibra Neutro Detergente (FND), cada uno de los alimentos estudiados presenta porcentajes diferentes entre si, reflejando las características diferentes entre los materiales, de hecho separando involuntariamente por parte de los autores en dos ensilajes muy ricos en fibra y dos muy pobres. El ensilado de pseudotallo de musáceas es el que presenta el porcentaje mas alto, con un valor igual a 68.15%, en segundo lugar el ensilado de

sorgo con un valor de 67.13%, en tercer lugar el ensilaje de frutas, con un valor de 31.51%, y por ultimo el ensilaje de cáscaras de plátano con un valor de 26.42%.

Se sabe muy bien acerca de la importancia de la fracción de fibra en la tan especial fisiología ruminal, que un forraje con FND entre 40 y 60% favorece el desarrollo de la flora microbiana del rumen elevando así la capacidad digestiva total hasta el 40% y 60% de la celulosa contenida en los alimentos que ingieren (Revuelta,G.1963). Del mismo modo, por medio de la rumia y la consecuente ingesta de saliva, se bufera la acidez ruminal, previniendo algunos desordenes metabólicos como cetosis, acidosis y laminitis. Los alimentos bajos en fibra como en el caso de los ensilajes de fruta y cáscara de plátano, presentan valores muy bajos en fibra dietética, por lo tanto al ser utilizados debe asegurarse una provisión de un material más rico en fibra como un heno.

El ensilaje de pseudotallo de musácea muestra el nivel de Pared celular (FND) más elevado. Muchos autores mencionan al consumo voluntario como uno de los factores mas restrictivos en la performancia animal, contando por aproximadamente 68% de las variaciones en ganancia de peso vivo (Blümmel et al, 1997), donde el contenido de pared celular es especialmente determinante (Benjamín, 1994; Blümmel et al, 1994; Orskov, 1994; Schlecht et al, 1994; Schlecht et al, 1999) Dos estudios realizados por Blümmel en 1994 y 1997 en que se examinaron 108 y 54 muestras de forrajes se encontró una mayor correlación entre el consumo voluntario y los parámetros *in vitro* método de gas cuando se analizó solamente el contenido de la pared celular (R= 0.82 y 0.812) comparado a la correlación cuando se obtuvieron los mismos parámetros a partir de la muestra completa del forraje (R= 0.75 y 0.686).

Tomando en cuenta que el ensilaje se fabricó a partir de la planta completa se sospechó que el elevado valor de FND se ha debido a el pseudotallo más que a las hojas, sin embargo se corrió un análisis por separado en el laboratorio de Química agrícola de la FFCCAA de estas partes y el contenido de FND fue similar, incluso fue ligeramente superior el de hojas (61.3% contra 60.8%).

Lo anterior explica en parte el consumo tan bajo observado hacia este ensilaje, en concordancia con lo observado por Shem y Orskov, citado por Orskov (1994) en que terneros fueron alimentados con 17 diferentes alimentos forrajeros y el pseudotallo de banana se excluyó del experimento por consumos inesperadamente bajos.

La proteína tiene una especial relevancia en la alimentación de rumiantes con forrajes de baja calidad. Valores bajos de nitrógeno también reducen el consumo voluntario y la digestibilidad (Topps, 1972, citado por Schlecht et al, 1999) Para una digestión efectiva de un forraje una concentración de 50-70 mg N por litro de fluido ruminal es requerida y para alimentos de baja digestibilidad valores hasta de 150mg N por L de fluido ruminal son recomendados (Setter y styler, 1974 y Preston y Leng, 1987, citados por Schlecht et al. 1999) En cuanto a la determinación de proteína se puede observar que los alimentos que mayor porcentaje de esta presentan son los ensilajes de Musácea con un 4.56% y el ensilaje de fruta con un 3.69%; por otra parte los alimentos que menor porcentaje de proteína presentan son los ensilados de Sorgo con un 2.62% y el ensilado de cáscaras de plátano con un 1.58%.

El organismo animal necesita, más que de un mínimo fijo de materia nitrogenada indiferenciada, de un conjunto de aminoácidos unidos en proporciones definidas lo cual favorece al crecimiento y la producción animal mediante favorecer el crecimiento de la población de microorganismos degradantes de la pared celular (Hongos anaeróbicos, Chytridiomicetes, Fibrobacterias y Ruminococos) (Muetzel, 2001) En cifras elevadas ocasiona perturbaciones parecidas a las originadas por las deficiencias; así raciones ricas en proteínas retardan el crecimiento, presentándose además trastornos nutritivos generales que en ocasiones conducen a problemas reproductivos, el porcentaje mas adecuado de proteínas en una ración total para el crecimiento es del 18%. En el caso de forrajes no provenientes de leguminosas, como es el caso, más allá de preocuparse por un superavit de consumo de proteína, la preocupación debe

orientarse hacia la suplementación de suficiente proteína cruda para mantener una adecuada población de microbios en el rumen y llenar los requerimientos de mantenimiento de ganado bovino ( $3.7\text{g PC} \cdot \text{Kg}^{-0.75} \cdot \text{d}^{-1}$ ) (Close et al, 1986 y Sclecht et al, 1999)

**Tabla Nº 5. Degradabilidad promedio de la materia Seca según tiempos de incubación. (%).**

Muestra	Sorgo	Pseudotallo Musácea	Frutas	Cáscara de plátano
Tiempos (h)				
12	29.83	30.89	47.88	71.94
24	39.16	30.89	58.40	78.48
36	46.98	42.79	56.45	81.25
48	50.81	41.70	57.80	85.76
72	53.47	40.41	67.68	85.54
96	57.49	40.41	58.95	87.56

Las mediciones de la degradabilidad ruminal en los tiempos de 12 a 96 horas de incubación fueron utilizados para describir la ecuación exponencial  $y = a + b(1 - e^{-ct})$ . En esta ecuación, **a** idealmente describe la fermentación de la fracción soluble y rápidamente disponible del alimento, **b** refleja la fermentación de la parte insoluble y más lentamente degradable y **c** indica la tasa a la que **b** es degradada por hora.  $A^0$  es la fracción soluble determinada en laboratorio, conocida como *tiempo cero*. En la determinación de la degradabilidad ruminal de la **MS** de las muestra de alimentos de ensilaje: de sorgo, Pseudotallo de musáceas, frutas, y cáscaras de plátano, se observa claramente que el mayor porcentaje de degradabilidad potencial de MS ( $a+b$ ); lo presenta el ensilaje de cáscara de plátano con un valor de 87.60% (tabla 6), el cual se puede obtener en un tiempo de incubación de 96 horas (tabla 5); puede observarse además, que para cada uno de los periodos de incubación, los valores obtenidos para este mismo ensilaje son mas altos que los valores obtenidos para los demás ensilajes; otro de los ensilajes que presenta valores mayores de degradabilidad de **MS**, es el ensilaje de

frutas con un valor de 62.09% (tabla 6) el cual puede obtenerse en un tiempo de incubación de 72 horas (tabla 5).

**Tabla N° 6. Datos promedio de la degradabilidad de la materia seca según programa estadístico NOWAY. (%).**

	Sorgo	Pseudotallo de musáceas	Frutas	Cáscaras de plátano
A	14.15	17.53	34.31	60.97
B	43.87	24.13	27.78	26.63
(a+b)	58.02	41.66	62.09	87.60
A <sup>0</sup>	32.4	36.23	60.8	24.57
B=(a+b)-A <sup>0</sup>	25.62	5.43	1.29	63.03
C	3.65	5.83	5.99	4.41
Der 3%	38.24	33.45	52.82	76.82

- Datos obtenidos a través del programa estadístico NOWAY.

Donde:

**a** = Intercepto de la curva de degradación en tiempo cero (material de rápida degradación).

**b** = Fracción insoluble potencialmente degradable cuando el tiempo no es limitado (material de lenta degradación).

**(a+b)** = degradabilidad potencial.

**c** = La constante para la tasa fraccional de degradación de "b"

**Der** = Degradabilidad efectiva ruminal a una tasa de flujo e 3%

**A<sup>0</sup>** = Fracción soluble del material (bolsa y laboratorio).

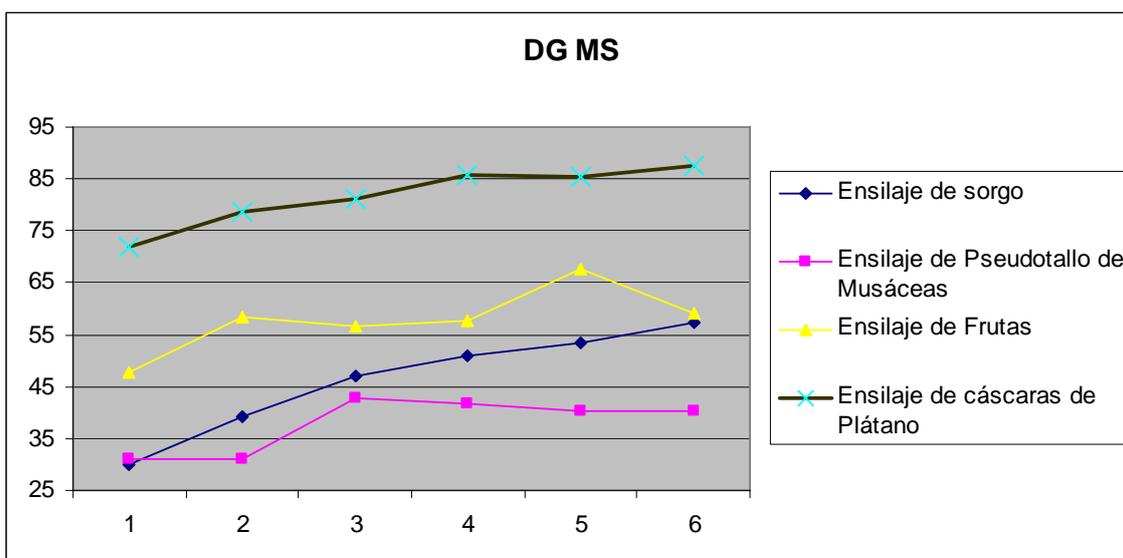
**B** = fracción realmente fermentable que no es soluble.

Al relacionar los resultados obtenidos mediante los análisis de laboratorio, con los resultados obtenidos a través del programa estadístico "NOWAY" (tabla 6), se observa que el promedio de degradabilidad ruminal efectiva a una tasa de flujo del 3% (Der3%); el material de ensilaje de cáscaras de plátano es el que presenta

un mejor valor de degradabilidad (76.82% ) de Der 3%; lo cual indica que este valor de degradabilidad puede lograrse en un tiempo de incubación no mayor de 24 horas (tabla 5), ya que en este periodo de incubación, el valor obtenido es de 78.48%, lo que muestra claramente la similitud entre ambos datos.

El ensilaje de frutas es el que ocupa un segundo lugar como material de rápida degradabilidad, presentando un valor de 52.82% de degradabilidad efectiva ruminal de la MS a una tasa de flujo del 3% (tabla 6), lo cual indica que este valor de degradabilidad se logra en un tiempo de incubación de 24 horas, ya que en este periodo de incubación el valor obtenido es de 58.40% de degradación de dicho sustrato (tabla 5), lo cual muestra una similitud entre ambos datos; además estos valores pueden relacionarse a los diferentes niveles de FDN en la composición natural de las muestras en estudio presentados en la tabla 4, ya que el ensilado de cáscara de plátano es el que presenta los menores niveles de FDN (26.42%), por ende haciéndolo uno de los materiales con mayor degradabilidad, seguido del ensilaje de frutas con (31.51%) de FDN en su composición, lo cual permite una mayor degradabilidad ruminal de estos materiales, confiriéndoles una característica deseable a la hora de incorporarlos dentro de una dieta.

**Figura 18: Degradabilidad ruminal de la materia seca.**



Para una mejor visualización del comportamiento de la degradabilidad de la materia seca para cada uno de los ensilajes estudiados a diferentes tiempos de incubación, se presenta en la figura anterior las curvas de degradabilidad, las cuales nos muestran claramente el comportamiento de cada uno de ellos; observándose que los ensilados de sorgo y cáscaras de plátano son los que presentan una mejor tendencia ya que esta se mantuvo en aumento constante durante casi todo el periodo de incubación, lo que indica que estos ensilados son los que presentan un mejor porcentaje de degradación ruminal de materia seca.

Por otro lado, los ensilajes de frutas y pseudotallo de musáceas, presentan comportamientos totalmente diferentes, ya que el ensilaje de frutas al inicio del período de incubación, presento un comportamiento adecuado, pero, transcurrido un poco más de tiempo, la degradabilidad decae lo que puede atribuirse a dos causas, las cuales son: a) que la bolsa se haya roto en ese momento, b) que en rumen del animal este presente otro tipo de alimento que sea más fermentable que la muestra incubada; en cambio el ensilaje de pseudotallo de musáceas, presenta un leve incremento en un periodo corto de tiempo y posteriormente se mantiene constante hasta el final del periodo.

**Tabla N° 7. Degradabilidad promedio de la materia orgánica según tiempos de incubación (%).**

Muestra	Sorgo	Pseudotallo musáceas	Fruta	Cáscara plátano
Tiempos				
12	23.61	26.32	61.95	70.47
24	33.59	26.32	71.47	77.16
36	41.59	38.24	69.05	79.96
48	45.49	37.20	70.64	84.51
72	48.24	36.07	79.84	88.23
96	52.47	36.07	71.83	86.00

En la determinación de la degradabilidad ruminal de las muestra de alimentos de: ensilaje de sorgo, Pseudotallo de musáceas, Frutas y Cáscaras de plátano, cuyos valores se presentan en el cuadro anterior, se observa claramente que el mayor porcentaje de degradabilidad potencial de **MO** (a+b), lo presenta el ensilaje de cáscara de plátano con un valor de 88.03% (tabla 8), el cual se puede obtener en un tiempo de incubación de 72 horas (tabla 7); puede observarse además, que para cada uno de los periodos de incubación, los valores obtenidos para este mismo ensilaje son mas altos que los valores obtenidos para los demás ensilajes (tablas 7 y 8). Además del ensilaje de cáscaras de plátano; otro de los ensilajes que presenta valores mayores de degradabilidad de la materia orgánica **MO**, es el ensilaje de frutas con un valor de 74.77% (tabla 8) el cual se puede obtener en un tiempo de incubación de 72 horas (tabla 7).

**Tabla N° 8. Datos promedio de la degradabilidad de la materia orgánica según programa estadístico NOWAY (%).**

	Sorgo	Pseudotallo musáceas	Frutas	Cáscaras plátano
A	7.09	13.07	51.28	59.34
B	45.8	24.23	23.49	28.69
(a+b)	52.89	37.3	74.77	88.03
A <sup>0</sup>	32.4	36.23	60.8	24.57
B=(a+b)-A <sup>0</sup>	20.49	1.07	13.97	63.46
C	3.71	5.70	5.51	4.01
Der 3%	32.42	28.95	66.49	75.75

\* Datos obtenidos a través del programa estadístico NOWAY.

D = Degradación real después de un tiempo "t"

a = Intercepto de la curva de degradación en tiempo cero

b = Fracción insoluble potencialmente degradable cuando el tiempo no es limitado

c = La constante para la tasa fraccional de degradación de "b"

DER= Degradabilidad efectiva ruminal a una tasa de flujo e 3%

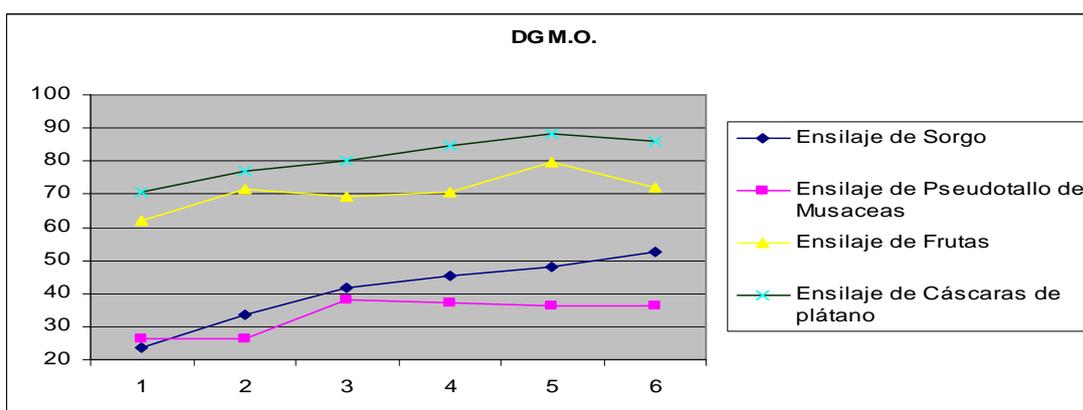
A<sup>0</sup>= Fracción soluble del material (bolsa y laboratorio).

B= fracción realmente degradable o fermentable que no es soluble.

Al relacionar los resultados obtenidos mediante los análisis de laboratorio, con los resultados obtenidos a través del programa estadístico “NOWAY” (tabla 8), se observa que el promedio de degradabilidad ruminal efectiva para el ensilaje de cáscaras de plátano presenta un valor de 75.75%; lo cual indica que este valor de degradabilidad ruminal efectiva se puede lograr en un tiempo de incubación de 24 horas, ya que en este periodo de incubación, el valor obtenido es de 77.16%, lo que muestra claramente la similitud entre ambos datos (tabla 8).

El ensilaje de frutas presenta un valor de 66.49% de degradabilidad ruminal efectiva a una tasa de flujo de 3% (tabla 8), lo cual indica que este valor de degradabilidad se logra en un tiempo de incubación de 24 horas, ya que en este periodo de incubación el valor obtenido es de 71.47% (tabla 7), y este valor es el inmediato superior, al valor de degradabilidad efectiva, obtenido a través del programa estadístico NOWAY. Al relacionar la naturaleza de cada uno de los ensilajes con los resultados obtenidos, se observa que los porcentajes mas altos, los presentan los ensilajes que contienen una mayor cantidad de materia orgánica, lo cual permite una mayor degradabilidad ruminal y mejor aprovechamiento de los compuestos orgánicos en estos materiales, dándoles, una característica deseable a la hora de incorporarlos dentro de una dieta.

**Figura 19: Degradabilidad ruminal de la materia orgánica.**



Para una mejor visualización del comportamiento de la degradabilidad de la materia orgánica para cada uno de los ensilajes estudiados a diferentes tiempos de incubación, se presenta en la figura anterior las curvas de degradabilidad, las cuales nos muestran claramente el comportamiento de cada uno de ellos; observándose que los ensilados de sorgo y cáscaras de plátano son los que presentan una mejor tendencia ya que esta se mantuvo en aumento constante durante casi todo el periodo de incubación, lo que indica que estos ensilados son los que presentan un mejor porcentaje de degradación ruminal de materia orgánica. Por otro lado, los ensilajes de frutas y pseudotallo de musáceas, presentan comportamientos totalmente diferentes, ya que el ensilaje de frutas al inicio del período de incubación, presenta un comportamiento adecuado, pero, transcurrido un poco más de tiempo, la degradabilidad decae lo que puede atribuirse a dos causas, las cuales son: a) que la bolsa se haya roto en ese momento, b) que en rumen del animal este presente otro tipo de alimento que sea más fermentable que la muestra incubada; en cambio el ensilaje de pseudotallo de musáceas, presenta un leve incremento en un periodo corto de tiempo y posteriormente se mantiene constante hasta el final del periodo.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Con base a los resultados obtenidos en el análisis de los diferentes tipos de ensilajes estudiados, se concluye lo siguiente:

- Tanto el ensilaje a partir de pseudotallo de musáceas como el de frutas poseen valores bastante bajos de materia seca, por ende una elevada humedad, lo cual no nos permitió evaluar de mejor manera estos materiales ya que los excesos de agua al momento del almacenaje provocan crecimientos de hongos e impiden una adecuada fermentación por la tendencia de formar ácido propiónico, butírico o acético en lugar de láctico. En este caso, es recomendable premarchitar los materiales al sol antes de ensilarlos como una buena práctica de manejo a fin de optimizar la calidad del ensilaje; llevarlo hasta un 65 a 70% de humedad es lo ideal ya que esto inhibe la actividad microbial, clostridias particularmente, quienes son responsables de fermentaciones indeseadas y son sensibles a humedades bajas.
- Materiales con porcentajes relativamente altos de materia seca facilitan de gran manera todos los procesos que se llevan a cabo durante el periodo de fermentación, como es el caso de los ensilajes de sorgo y cáscaras de plátano ya que en ambos casos el escurrimiento fue bastante mínimo contrario a los otros materiales cuya producción de exudado nunca se detuvo hasta el final del experimento.
- Los alimentos bajos en fibra como en el caso de los ensilajes de fruta y cáscara de plátano, presentan un porcentaje bajo en fibra dietética, por lo tanto al ser utilizados debe asegurarse una provisión de un material más rico en fibra como un heno. Ya que se sabe muy bien acerca de la

importancia de la fracción de fibra en la tan especial fisiología ruminal, que un forraje con FND entre 40 y 60% favorece el desarrollo de la flora microbiana del rumen elevando así la capacidad digestiva total hasta el 40% y 60% de la celulosa contenida en los alimentos que ingieren.

- A pesar del similar contenido de FND, entre los ensilajes de sorgo y musáceas, el consumo de ensilaje de sorgo fue muy superior, lo que puede reflejar la presencia de factores antinutricionales en la planta de musáceas (taninos, alcaloides, fenoles, saponinas, aminoácidos libres, esteroides, aceites esenciales, glicósidos, terpenos y resinas), otro factor que pudo haber influido de manera negativa en el consumo de este ensilado, es el tamaño de las partículas, ya que durante el proceso de picado se formaron una especie de fibras de aproximadamente 40 cm. de largo lo dificultaba la aprehensión del alimento por parte del animal a la hora de consumirlo. Por esta razón, es recomendable que a la hora de picar este material, se haga de forma manual, procurando que los trozos no sean mayores de dos pulgadas, debido a que si este proceso se realiza de forma mecánica, los materiales tienden a formar una especie de pasta, y además fibras demasiado largas por el alto contenido de agua y fibra, lo cual afecta grandemente a la hora de ensilar este materiales.
- Los ensilajes que presentan una mejor calidad en cuanto al producto final obtenido son, el ensilaje de sorgo y cáscaras de plátano, de los cuales el que representa una buena alternativa para su uso como alimento para el ganado es el ensilaje de cáscaras de plátano, ya que este material es muy fácil de obtener, de bajo costo y fácil de ensilar.
- La elaboración de ensilajes a partir de materiales como pseudotallo de musáceas, frutas y cáscaras de plátano, requieren del uso de una adaptación de la técnica usualmente utilizada para los ensilajes de gramíneas. En virtud de esto, es recomendable considerar previo a la

elaboración de estos ensilados, el tipo de maquinaria que más se ajuste a las características dentro de la composición química de los materiales a utilizar (agua, materia seca, etc.).

- Los materiales utilizados en la elaboración de los diferentes ensilajes, no poseen todas las características deseadas para la obtención de un ensilaje de buena calidad, por esta razón se recomienda mezclar los materiales a fin de agrupar las características que cada material posee, logrando así la obtención de un material con mejores características para la elaboración de este tipo de alimentos.
  
- Debido a que en este estudio no fue posible determinar a fondo la calidad nutricional de estos nuevos materiales (cáscaras de plátano, pseudotallo de musáceas y frutas), como una alternativa en la alimentación de ganado bovino, se recomienda a las personas interesadas en la rama de nutrición animal, dar seguimiento a este estudio con el propósito de corregir los posibles errores cometidos en el desarrollo de esta investigación, y lograr así, conocer el verdadero valor nutricional de estos materiales.

## 8. BIBLIOGRAFIA

- ❖ Bateman, John V. 1970. Nutrición animal. México, D. F. 117,445 p.
- ❖ Cañas, Francisca. 2002. Manual de Química Analítica. Universidad de El Salvador; San salvador, El Salvador. 23 – 28 p.
- ❖ Cambellas, Jorge. 1998. Alimentación de la vaca de doble propósito y de sus crías. Caracas, Venezuela. 29, 66 p.
- ❖ CENTA. 1992. Conservación de forrajes, boletín informativo N° 71. Santa Tecla, El Salvador. 1 – 6 p.
- ❖ Church, D.C Y W. G. Pond. 1977. Bases científicas para la nutrición y alimentación de los animales domésticos. Trad. Pedro Ducar. Ed. Acribia. Zaragoza, España. 32, 33, 38, 39, 346-348, 360, 362, 381, 383-385 p.
- ❖ Church, D.C. 1993. El rumiante, fisiología digestiva y nutrición, ed. 2ª, Acribia, Zaragoza, España, 187, 188, 204-207, 515 p.
- ❖ CEA. 2000. Crianza de caprinos. México DF, México. Iberoamericana. 33 p.
- ❖ Clouse, W; Menke, H. 1986. Selected topics in animal nutrition. Stuttgart, Germany. Duetsihe,stiflung für internationale netwecklung, 2a ed. 140-143 p.
- ❖ CENTA, 2006. frutales, musáceas, consultado el 22 Agosto, disponible en línea, <http://www.centa.gob.sv/html/ciencia/frutales/limonpersico.html>

- ❖ Hiriart Le-Bert, M. 1998. Ensilado: Procesamiento y calidad. México DF, México. Editorial trillas. 9, 19, 33, 45, 67 p.
- ❖ Koeslag, H. 2001. Manuales para educación agropecuaria: Bovinos de leche. México DF, México. Trillas. 2a ed. 51 - 71 p.
- ❖ Lewis, D. 1962. Fisiología digestiva y nutrición de los rumiantes. Zaragoza, España. Acribia. 28 - 42, 70 - 75 p.
- ❖ Molina, R. 1989. Composición Química de los alimentos utilizados en la alimentación animal en El Salvador. San Salvador, El Salvador. Universidad Salvadoreña Alberto Masferrer. Tesis, Licenciatura en medicina veterinaria. 35 p.
- ❖ Mayen, J. 1989. Explotación caprina. México DF, México. trillas, 44- 46 p.
- ❖ Morrison, B. 1991. Compendio de alimentación del Ganado, México DF, México. Limusa, 2a ed. 215 - 232 p.
- ❖ Nuila de Mejía, JA. 1990. manual de diseños experimentales con aplicación a la agricultura y ganadería. Universidad de El Salvador. San Salvador, El Salvador. 81 - 83, 122 - 183 p.
- ❖ Revuelta, G. 1963. Bromatología zootécnica y alimentación animal. Madrid, España. Salvat editores, 2a ed. 20 - 25, 218 - 220, 233 - 234, 430, 442, 467, 469, 473 p.

# **9. ANEXOS.**

## A1. Encuesta de disponibilidad de materiales

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS  
DEPARTAMENTO DE QUIMICA AGRICOLA

Encuesta de disponibilidad de frutas y verduras de desecho, de mercados municipales.

Encuestador: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_  
Encuesta  
N°: \_\_\_\_\_ Lugar: \_\_\_\_\_

**Objetivo:** Conocer la cantidad y el tipo de materiales que se producen como desecho en el mercado mayorista "La Tiendona".

1. ¿Qué tipo de productos comercializa?

\_\_\_\_\_

2. ¿Que cantidad aproximada comercializa diariamente?

\_\_\_\_\_

3. ¿Desecha productos que ya no puede comercializar por perdida de calidad?

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

4. ¿Aproximadamente cuanto desecha?

\_\_\_\_\_

5. ¿Porqué lo desecha?

\_\_\_\_\_

6. ¿Donde lo desecha?

\_\_\_\_\_

7. ¿Considera que el manejo de los materiales de desecho le generan algún inconveniente?

\_\_\_\_\_

8. ¿Existe alguna persona particular que recolecte los desechos?

\_\_\_\_\_

9. ¿En qué época del año se produce mayor cantidad de desechos?, ¿a que se debe la variación?

\_\_\_\_\_

10. ¿Estaría dispuest@ a permitirnos colectar los materiales que produce como desecho?

\_\_\_\_\_

**A2.** Factores considerados en la elaboración de los ensilajes.

<b>Factores</b>	<b>Sorgo</b>	<b>Pseudotallo de Musáceas</b>	<b>Frutas</b>	<b>Cáscaras de plátanos</b>
<b>Tiempo de cosecha</b>	Bueno	-----	-----	-----
<b>Corte</b>	Bueno	Malo	Malo	Bueno
<b>Control de la humedad</b>	Bueno	Regular	Regular	Bueno
<b>Distribución del material</b>	Excelente	Bueno	Bueno	Excelente
<b>Compactación</b>	Bueno	Bueno	Regular	Bueno
<b>Velocidad de Sellado</b>	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
<b>Sellado</b>	Excelente	Malo	Bueno	Excelente
<b>Tramplng</b>	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno

Parámetros de evaluación: Excelente, bueno, regular, malo, pobre.

Los parámetros de evaluación considerados en el cuadro anterior, para la clasificación de los factores que determinan la calidad de los ensilados en estudio, han sido tomados únicamente, como un indicador para determinar la calidad con la que fueron elaborados estos ensilajes.

En virtud de lo anterior, los ensilajes que presentan una mejor calidad en el proceso de ensilado son, el ensilaje de sorgo y cáscaras de plátano, esto se debe a que la mayor parte de los factores a tomar en cuenta a la hora de elaborar un ensilaje se cumplieron casi de manera literal, por lo que la clasificación que se les atribuye se encuentran entre excelente y buena.



DGMO91\*  
A: 59.34 B: 28.69 C: 0.0401 Asymptote: 88.03  
Residual Sum of Squares: 7.41  
Residual Standard Deviation: 1.57  
Times: 12.00 24.00 36.00 48.00 72.00 96.00  
Measurements: 70.47 77.16 79.96 84.51 88.23 86.00  
Fitted values: 70.30 77.07 81.26 83.85 86.43 87.42  
K: 0.01 0.02 0.03 0.04 0.05 0.06  
P: 82.31 78.48 75.75 73.70 72.11 70.83  
K: 0.07 0.08 0.09 0.10 0.11 0.12  
P: 69.79 68.92 68.18 67.55 67.00 66.53

\*\*\*\*\*

DGMS88\*  
A: 14.15 B: 43.87 C: 0.0365 Asymptote: 58.02  
Residual Sum of Squares: 3.61  
Residual Standard Deviation: 1.10  
Times: 12.00 24.00 36.00 48.00 72.00 96.00  
Measurements: 29.83 39.16 46.98 50.81 53.47 57.49  
Fitted values: 29.72 39.77 46.25 50.43 54.86 56.71  
K: 0.01 0.02 0.03 0.04 0.05 0.06  
P: 48.59 42.50 38.24 35.09 32.67 30.76  
K: 0.07 0.08 0.09 0.10 0.11 0.12  
P: 29.20 27.91 26.82 25.89 25.09 24.39

\*\*\*\*\*

DGMS89\*  
A: -145329565043622510000000000000\_. B: 145329565043622510000000000000\_.  
C: 4.6178 Asymptote: 41.63  
Residual Sum of Squares: 2.84  
Residual Standard Deviation: 1.68  
Times: 24.00 36.00 48.00 72.00  
Measurements: 30.89 42.79 41.70 40.41  
Fitted values: 30.89 41.63 41.63 41.63  
K: 0.01 0.02 0.03 0.04 0.05 0.06  
P: -314038744110514170000000000000\_. -626723218891839720000000000000\_. -  
938062165778133300000000000000\_. -124806425113355800000000000000\_. -  
155673806705669880000000000000\_. -186409213217415290000000000000\_.  
K: 0.07 0.08 0.09 0.10 0.11 0.12  
P: -217013489242425760000000000000\_. -247487472183073890000000000000\_. -  
277831992326650070000000000000\_. -308047872920767540000000000000\_. -  
338135930247822530000000000000\_. -368096973698478260000000000000\_.

\*\*\*\*\*

DGMS90\*  
A: 34.31 B: 27.78 C: 0.0599 Asymptote: 62.09  
Residual Sum of Squares: 67.06  
Residual Standard Deviation: 4.73  
Times: 12.00 24.00 36.00 48.00 72.00 96.00  
Measurements: 47.88 58.40 56.45 57.80 67.68 58.95  
Fitted values: 48.55 55.49 58.87 60.52 61.72 62.00  
K: 0.01 0.02 0.03 0.04 0.05 0.06  
P: 58.12 55.14 52.82 50.97 49.45 48.19

K: 0.07 0.08 0.09 0.10 0.11 0.12  
P: 47.12 46.20 45.41 44.71 44.10 43.56

\*\*\*\*\*

DGMS91\*

A: 60.97 B: 26.63 C: 0.0441 Asymptote: 87.60  
Residual Sum of Squares: 3.72  
Residual Standard Deviation: 1.11  
Times: 12.00 24.00 36.00 48.00 72.00 96.00  
Measurements: 71.94 78.48 81.25 85.76 85.54 87.56  
Fitted values: 71.91 78.36 82.16 84.39 86.49 87.21  
K: 0.01 0.02 0.03 0.04 0.05 0.06  
P: 82.68 79.29 76.82 74.94 73.45 72.25  
K: 0.07 0.08 0.09 0.10 0.11 0.12  
P: 71.26 70.43 69.73 69.12 68.59 68.13

\*\*\*\*\*

DGMOREC88\*

A: 10.99 B: 39.79 C: 0.0531 Asymptote: 50.78  
Residual Sum of Squares: 8.17  
Residual Standard Deviation: 1.65  
Times: 12.00 24.00 36.00 48.00 72.00 96.00  
Measurements: 30.13 37.99 46.88 47.58 48.86 50.99  
Fitted values: 29.75 39.66 44.90 47.67 49.91 50.54  
K: 0.01 0.02 0.03 0.04 0.05 0.06  
P: 44.48 39.90 36.42 33.69 31.49 29.68  
K: 0.07 0.08 0.09 0.10 0.11 0.12  
P: 28.16 26.87 25.76 24.79 23.95 23.20

\*\*\*\*\*

DGMOREC89\*

A: -25749948221614569000000000000000\_. B: 25749948221614569000000000000000\_.  
C: 5.4991 Asymptote: 50.30  
Residual Sum of Squares: 13.39  
Residual Standard Deviation: 3.66  
Times: 24.00 36.00 48.00 72.00  
Measurements: 37.89 52.64 50.73 47.52  
Fitted values: 37.89 50.30 50.30 50.30  
K: 0.01 0.02 0.03 0.04 0.05 0.06  
P: -46741053831803389000000000000000\_. -93312727314837502000000000000000\_. -  
13971593948530227000000000000000\_. -18595160274262896000000000000000\_. -  
23202062290930745000000000000000\_. -27792389929000003000000000000000\_.  
K: 0.07 0.08 0.09 0.10 0.11 0.12  
P: -32366232473010314000000000000000\_. -36923678567359523000000000000000\_. -  
41464816222033915000000000000000\_. -45989732818270843000000000000000\_. -  
50498515114165227000000000000000\_. -54991249250214009000000000000000\_.

\*\*\*\*\*

DGMOREC90\*

A: 45.99 B: 15.92 C: -0.0010 Asymptote: 61.91  
Residual Sum of Squares: 204.96  
Residual Standard Deviation: 8.27  
Times: 12.00 24.00 36.00 48.00 72.00 96.00

Measurements:	45.71	48.00	34.87	52.45	49.42	40.59
Fitted values:	45.79	45.59	45.39	45.18	44.76	44.33
K:	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06
P:	44.16	45.12	45.42	45.57	45.65	45.71
K:	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12
P:	45.75	45.78	45.80	45.82	45.84	45.85

\*\*\*\*\*

DGMOREC91\*

A: 69.79    B: 15.75    C: 0.0299    Asymptote: 85.54

Residual Sum of Squares: 5.49

Residual Standard Deviation: 1.35

Times:	12.00	24.00	36.00	48.00	72.00	96.00
--------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Measurements:	74.72	78.08	78.69	82.52	85.03	83.68
---------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Fitted values:	74.54	77.86	80.17	81.79	83.71	84.65
----------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

K:	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06
----	------	------	------	------	------	------

P:	81.59	79.23	77.65	76.53	75.69	75.03
----	-------	-------	-------	-------	-------	-------

K:	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12
----	------	------	------	------	------	------

P:	74.51	74.08	73.72	73.42	73.16	72.93
----	-------	-------	-------	-------	-------	-------