

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



**“EVALUACIÓN DE LA DEGRADABILIDAD RUMINAL DE MATERIALES  
FORRAJEROS EN DOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN GANADERA A TRAVÉS  
DE LA TÉCNICA *IN SITU*.”**

POR:

GÓMEZ GONZÁLEZ, HENDRIKA EILEEN

MOLINA MELÉNDEZ, VIOLETA MARÍA

RUBIO CRUZ, KELLY MARILÚ

REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE LICENCIADA EN MEDICINA  
VETERINARIA Y ZOOTECNIA.

CIUDAD UNIVERSITARIA, SAN SALVADOR, JULIO 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**

ING. AGR. OSCAR MAURICIO CARRILLO TURCIOS.

DOCENTES DIRECTORES:

Ing. Agr. JUAN MILTON FLORES TENSOS

Ing. Agr. JOAQUIN MIGUEL CASTRO MONTOYA

## RESUMEN

La introducción de nuevas especies forrajeras y el uso de especies nativas; contribuye a una optimización del uso de los recursos alimenticios, mejorando el manejo de las dietas en bovinos procurando con ello un mayor rendimiento en carne y leche; sin embargo es necesario que las especies forrajeras a utilizar sean evaluadas previamente tanto desde el punto de vista de rendimiento agrícola de la planta, como su valor químico y biológico en el animal. Para tal fin se propone la utilización de la técnica *in situ* como herramienta para estimar el aprovechamiento del alimento en el tracto digestivo del ganado bovino a través de la cinética de desaparición (degradabilidad) del material dentro del rumen.

El objetivo de este experimento es determinar el grado de degradabilidad *in situ* de la materia seca y la materia orgánica en tres pasturas utilizadas en El Salvador en tres edades de corte y ensilaje de sorgo, evaluados en dos diferentes sistemas de producción de ganado bovino.

Para el desarrollo de la fase de campo, se utilizó un diseño jerarquizado con cinco tiempos de incubación, en dos bovinos fistulados (*Bos taurus*). Un animal de encaste de raza Brown Swiss, con manejo extensivo y alimentado con forraje verde, alojado en la Estación Experimental de la Universidad de El Salvador y otro animal en estabulación con encaste de raza Holstein Fresian, alimentándose con ensilaje a base de silo de sorgo (*Sorgo vulgaris*). Las réplicas de los pastos a incubar que corresponden a Pangola (*Digitaria decumbens*), Estrella (*Cynodon plectostachyus*) y Swazi (*Digitaria swazilandensis*) corresponden a los períodos totales de incubación, los cuales fueron simultáneos y consecutivos para los dos animales; una por semana. Se recolectó 1 kg de muestra se realizó el análisis proximal y de Van Soest. Los tiempos de incubación a estudiados fueron: 12, 24, 36, 48 y 72 horas. El porcentaje de sustrato residual de materia seca (MS) y Materia Orgánica (MO) se analizó estadísticamente por regresión lineal simple y relacionándoles con el análisis proximal y de Van Soest. El resultado esperado de esta investigación es estimar la calidad biológica y química de cada uno de los materiales forrajeros estudiados.

La degradabilidad de la **materia orgánica** del pasto Swazi en manejo extensivo presentó el más alto valor de Degradabilidad efectiva ruminal (**Der**) al 3% de 54.85% a sus 21 días de corte (E1) y un valor de Degradabilidad potencial (**a+b**) de 73.28%; similar se comportó el pasto estrella (**Der**) con 53.28% a su edad 1 y de (a+b) de 71.43%). En manejo intensivo/estabulado el pasto Pangola tuvo una **Der** al 3% de **materia orgánica** de 54.1% a su edad 3 y un valor de degradabilidad potencial (a+b) de 85.95%; el Sorgo presenta un valor de Der de 49.27% y de degradabilidad potencial de 75.95%. La correlación entre la degradabilidad de la Materia Orgánica y la Materia seca es positiva y bastante alta, los valores actuales se presentan en el documento más adelante.

A través de los resultados obtenidos se concluyó que la pastura que presenta el mayor comportamiento es el Pasto Pangola cosechado a los 21 días incubado en sistema de pastoreo. Cabe mencionar que el sorgo ha mostrado también un muy buen comportamiento.

## **AGRADECIMIENTOS.**

- A Dios Todopoderoso, por regalarnos la vida y mantenernos en el camino de la FE para seguir adelante.
- A nuestros padres, por sus esfuerzos y sacrificios para permitirnos una formación profesional.
- A nuestros Docentes Directores:  
Ing. Agr. Juan Milton Flores Tensos  
Ing. Agr. Joaquín Miguel Castro Montoya  
Por su paciencia, enseñanza y compartir momentos memorables juntos; con especial agradecimiento al Ing. Flores por facilitarnos el material didáctico para la elaboración del documento.
- Al personal del departamento de Química Agrícola por permitirnos compartir las instalaciones para la elaboración de nuestra investigación y ayudarnos desinteresadamente cuando fue necesario. En especial a la Dra. de Moreno que nos autorizó la utilización del equipo y reactivos necesarios para nuestro ensayo.
- A las personas que nos acompañaron en los viajes nocturnos a las haciendas para completar de la fase de campo de nuestro ensayo: Leonardo, Henry, Javier, Christopher y Kevin. También a don Irineo, quien nos colaboró amablemente.
- A la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA), por permitirnos realizar este proyecto utilizando los materiales necesarios para llevar a cabo esta investigación.

## DEDICATORIA.

**A DIOS:** Por haberme dado la fuerza necesaria para no flaquear en los momentos más críticos y decisivos en mi carrera, y por haberme dado la paciencia y sabiduría para enfrentarlos..

**A MIS PADRES (Himler Q.D.D.G. y Evila):** Por brindarme su apoyo desde mis primeros pasos y hoy que culmino mi carrera, a mi madre que ha tenido la paciencia, el amor y la sabiduría de haberme educado para convertirme en una profesional, siempre dándome la orientación necesaria para mantener los objetivos claros en mi vida. De todo corazón se lo agradezco .

**A MIS ABUELOS (Jesús Castro Q.D.D.G., Clemencia Gómez, Miguel Campos y Rosalina González):** Por el apoyo incondicional que me han brindado toda su vida, ya que a través de su experiencia he aprendido a esforzarme cada vez más en la vida, muchas gracias por estar conmigo abuelos siempre que los he necesitado.

**A MIS HERMANOS (Kathleen y Lawrence Q.D.D.G),** por mantener la relación fraternal a pesar de todas las circunstancias que nos ha tocado vivir, espero que esto sirva de ejemplo. Pero en especial a mi hermano que ahora ya no se encuentra conmigo para disfrutar de este triunfo ya que sus fuerzas para seguir adelante a pesar de todo lo que sucediera me han ayudado a seguir adelante y lograr así este triunfo; a el le dedico mi triunfo.

**A MIS MAESTROS:** por haber compartido sus conocimientos y así ayudarme a culminar con mi carrera, además de brindarme su amistad en especial al Dr. Figueroa por su apoyo incondicional y todas sus enseñanzas, Dr. Paredes, Dr. Silva, Dr. Bonilla Ing. Homero, Ing. Gino Castillo, Ing. Rosales, Ing. Coreas, Ing. Leyton.

**A MIS ASESORES:** En primer lugar a Milton ya que por el tuvimos la oportunidad de conocer sobre este tema y ponerlo en practica como nuestro tema de investigación; a

Joaquín por habernos soportado todo este tiempo y ayudado, además acuérdate de las personas que te extrañaremos aquí, hasta pronto y muchísimas gracias por todo.

**A LA DRA. DE MORENO Y AL DEPARTAMENTO DE QUIMICA:** Por darnos la facilidad de ejecutar esta investigación y brindarnos además de las instalaciones de los laboratorios el apoyo en toda la investigación.

**A MIS AMIGOS:** que han estado conmigo cuando más los he necesitado ya que con ellos he compartido mis alegrías así como también mis penas, espero que esa amistad perdure por siempre: Juan Carlos, Rodolfo, Irene, Gloria, Abarca, Ille y a todos con los que he compartido muchos buenos momentos es por ello que agradezco su amistad, les deseo triunfos y bendiciones para su vida para que puedan lograr todas las metas que se han trazado. A Doris Rivera por ayudarme en ese momento tan difícil de mi vida, darme el aliento que yo necesitaba, así como por sacarme de esa depresión, muchísimas gracias por ese apoyo y comprensión.

**A MIS COMPAÑERAS DE TESIS:** (Violeta y Kelly) por haber trabajado en este proyecto juntas y por tener la paciencia y el raciocinio de haber sabido superar los momentos más críticos y llenos de tensión, no olvidare toda la gran experiencia que viví con ustedes en el desarrollo de nuestro trabajo de graduación, tengo la certeza de que tendrán una vida profesional y personal llena de triunfos, suerte.

A TODAS ESAS PERSONAS QUE DE ALGUNA U OTRA FORMA HAN HECHO POSIBLE LA CULMINACION DE MI CARRERA.

HENDRIKA EILEEN GÓMEZ GONZÁLEZ.

## DEDICATORIA.

- A Dios, todopoderoso, que me ha dado la vida y ha iluminado y bendecido mi camino siempre.
- A mi mami, que lo es todo para mí y con todo el sacrificio y amor posible ha permitido mi formación profesional alentando mis sueños toda la vida.
- A mi familia, en especial a mi hermana Mary, tía Claudia y Alejandra quienes siempre están al pendiente de mí y que de una u otra forma me han ayudado durante estos años de formación.
- A todos mis maestros que han compartido sus conocimientos para forjar mi carrera y a aquellos que además me han brindado su amistad: Ing. Castillo (Ginísimo), Ing. Rosales (papá Gabo), Ing. Homero, Ing. Zambrana, Ing. Miranda, Ing. Leyton, Ing. Coreas, Dr. Bonilla, Dr. Figueroa, Dr. Paredes a quien además admiro mucho.
- A mis amigos que me han acompañado en las buenas y en las malas a lo largo de mi vida universitaria: Edgar Zelaya, Adriana, Patty, Leo, Ileana, Claudita, Wendy, Arturo, Kevin, Rosalinda, Javier, Paola, Silvia, Abarca, Rocío, Gloria e Ille; También a Hendrika y Kelly que además me soportaron como compañera de tesis.
- Ing. Joaquín Castro: que además de ser un excelente ser humano al que admiro mucho, incondicionalmente me ha brindado su amistad y cariño guiándome siempre por el buen camino. El mundo merece conocerte Quini.
- Ing. Flores Tensos: (Miltiton), que siempre estuvo pendiente de nuestra investigación y con la mayor disposición trabajaba con nosotros, sin importar la hora.

VIOLETA MARIA MOLINA M.

## **DEDICATORIA.**

- A DIOS TODOPODEROSO: Por haberme dado esta gran bendición de haber llegado hasta aquí, darme la sabiduría y la fuerza necesaria.
- A MI MADRE: Por sacarme adelante a pesar del sacrificio que implica una madre soltera, por sus consejos, su apoyo incondicional en los momentos que fueran y en especial por el amor tan grande que sustenta mis sueños mas imposibles.
- A MI ESPOSO Y MI HIJO HERMOSO: Por estar ahí cuando mas los necesitaba, por darme un aliento, una palabra, el apoyo que sin ninguna condición me dieron. Los amo como no se imaginan y sin ustedes no se que haría.
- A MI FAMILIA, a mi abuelita Cristina que lo es todo para mi, a mi Papi Osmin, a mi Papá que a pesar de la distancia le dedico este triunfo, a mi prima Roxanna, a mi primo Franklin, a mi tía Esperanza, mi tía Reina, todos mis tíos, tías, primos, en fin todas las personas que quiero mucho y que de alguna u otra manera hicieron la culminación de mi carrera.
- A LA FAMILIA VILLACORTA, por su cariño, apoyo, palabras y oraciones que sé intercedieron por mí; en especial a Mama Lucy por todo lo que ha hecho por nosotros.
- A MIS QUERIDOS ASESORES: En especial a Milton que sin él no hubiéramos podido tener la oportunidad de conocer acerca de este tema y realizar nuestra tesis; a Joaquín que nos ayudo mucho, nos soporto y a la vez lo vamos a extrañar. Hasta pronto Joaquín, y gracias.

- A LA DRA. DE MORENO Y AL DEPARTAMENTO DE QUIMICA: Por darnos la facilidad de ejecutar la investigación y brindarnos las instalaciones de los laboratorios.
- A TODOS MIS DOCENTES, que me formaron como profesional; de manera especial al Dr. Figueroa por su apoyo incondicional y sus enseñanzas, Dr. Silva, Dr. Bonilla, Dr. Andrade por darme la mejor lección de mi vida, Ing. Paz, Ing. Gino, Ing. Homero.
- A TODOS MIS AMIGOS Y AMIGAS: a Violeta y Hendrika por haberme dejado estar con ustedes en esta súper aventura y también darme su amistad que espero perdure mucho; a Irene, Gloria, Juan Carlos, Mercy, Francis (Fran), María José (Mari), Gerald, Naty, Don nico (mi otro papá), Doris Rivera, Dinita, Paolita, Fito, Abarca, a todos mis compañeros (as) que compartimos muchos momentos buenos.
- A TODAS LAS PERSONAS QUE DE ALGUNA U OTRA MANERA HAN HECHO POSIBLE LA CULMINACION DE MI CARRERA.

**Kelly Marilú Rubio de Villacorta.**

## INDICE

CONTENIDO	PAGINA
1. INTRODUCCION. ....	1
2. OBJETIVOS. ....	3
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	3
2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS. ....	3
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1 Introducción de los pastos forrajeros en El Salvador y su importancia en la ganadería.....	4
3.2 Variedades utilizadas. ....	5
3.2.1 Pastos. ....	5
3.2.1.1 Pasto Pangola. ....	5
3.2.1.2 Pasto Estrella. ....	6
3.2.1.3. Pasto Swazi.....	7
3.2.2 Ensilajes. ....	8
3.3. Evaluación de los alimentos forrajeros.....	9
3.3.1. Generalidades. ....	9
3.3.2. Evaluación biológica de los alimentos.....	10
3.3.2.1 Digestibilidad.....	11
3.3.2.1.1. Técnica <i>in vivo</i> .....	12
3.3.2.1.2. Técnica <i>in vitro</i> . ....	13
3.3.2.1.3. Técnica <i>in situ</i> . ....	14
3.3.3. Evaluación química de los alimentos. ....	19

3.3.3.1. Análisis químico proximal.....	19
3.3.3.2. Sistema de Van Soest. ....	23
4. JUSTIFICACIÓN. ....	25
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
5.1 Generalidades.....	26
5.1.1. Ubicación.....	26
5.1.2. Período y Duración.....	26
5.1.2.1. Fase de Campo. ....	26
5.1.2.2. Fase posterior a la incubación.....	36
5.1.2.3. Fase de laboratorio.....	37
5.2. Metodología Estadística. ....	43
5.2.1. Variables en estudio.....	43
5.2.2. Diseño estadístico. ....	43
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	46
7. CONCLUSIONES.....	77
8. RECOMENDACIONES. ....	78
9. BIBLIOGRAFÍA. ....	79
10. ANEXOS. ....	84

## INDICE DE TABLAS

CONTENIDO	PÁGINA
<b>Tabla N° 1.</b> Dinámica de incubación de muestras. ....	36
<b>Tabla N° 2.</b> Cuadro resumen de los análisis químicos realizados a los pastos y el sorgo en estudio. ....	46
<b>Tabla N° 3.</b> Degradabilidad promedio de la M. O. del Pasto Estrella y sorgo de acuerdo a los tiempos de incubación y el programa estadístico NOWAY (%) realizados en la EEP y la Hda. Olocuilta. ....	50
<b>Tabla N° 4.</b> Degradabilidad promedio de la M. O. del Pasto Swazi y sorgo de acuerdo a los tiempos de incubación y el programa estadístico NOWAY (%) realizados en la EEP y la Hda. Olocuilta. ....	53
<b>Tabla N° 5.</b> Degradabilidad promedio de la M. O. del Pasto Pangola y sorgo de acuerdo a los tiempos de incubación y el programa estadístico NOWAY (%) realizados en la EEP y la Hda. Olocuilta. ....	56
<b>Tabla N° 6.</b> Degradabilidad promedio de la M.O.R. del Pasto Estrella y sorgo de acuerdo a los tiempos de incubación y el programa estadístico NOWAY (%) realizados en la EEP y la Hda. Olocuilta. ....	59

<b>Tabla N°7.</b> Degradabilidad promedio de la M. O. R. del Pasto Swazi y sorgo de acuerdo a los tiempos de incubación y el programa estadístico NOWAY (%) realizados en la EEP y la Hda. Olocuilta. ....	62
<b>Tabla N° 8.</b> Degradabilidad promedio de la M.O.R. del Pasto Pangola y sorgo de acuerdo a los tiempos de incubación y el programa estadístico NOWAY (%) realizados en la EEP y la Hda. Olocuilta. ....	65
<b>Tabla N°9.</b> Degradabilidad promedio de la M. S. del Pasto Estrella y sorgo de acuerdo a los tiempos de incubación y el programa estadístico NOWAY (%) realizados en la EEP y la Hda. Olocuilta. ....	68
<b>Tabla N° 10.</b> Degradabilidad promedio de la M. S. del Pasto Swazi y sorgo de acuerdo a los tiempos de incubación y el programa estadístico NOWAY (%) realizados en la EEP y la Hda. Olocuilta. ....	71
<b>Tabla N° 11.</b> Degradabilidad promedio de la M.S. del Pasto Pangola y sorgo de acuerdo a los tiempos de incubación y el programa estadístico NOWAY (%) realizados en la EEP y la Hda. Olocuilta. ....	74

## INDICE DE FIGURAS.

CONTENIDO	PÁGINA
<b>Figura 1.</b> Incidiendo piel. ....	15
<b>Figura 2.</b> Exposición del peritoneo. ....	16
<b>Figura 3.</b> Introducción del contenido ruminal.....	16
<b>Figura 4.</b> Área de recolección de muestra.....	27
<b>Figura 5.</b> Traslado de las muestras. ....	27
<b>Figura 6.</b> Molido de muestra. ....	28
<b>Figura 7.</b> Preparación de la muestra (pesado). ....	28
<b>Figura 8.</b> Proceso de agitación de la muestra (T0).....	29
<b>Figura 9.</b> Filtración de la muestra en papel filtro.....	29
<b>Figura 10.</b> Secado del residuo.....	30
<b>Figura 11.</b> Pesado de muestra. ....	31
<b>Figura 12.</b> Llenado de bolsas de degradación.....	31
<b>Figura 13.</b> Esquema de tamaño de bolsa y zona de amarre. ....	32
<b>Figura 14.</b> Marco de referencia para cálculo de poros. ....	32
<b>Figura 15.</b> Vista microscópica de los poros de la bolsa de degradación. ....	32
<b>Figura 16.</b> Bolsas lista para incubarse. ....	35
<b>Figura 17.</b> Hidratación de las muestras. ....	35
<b>Figura 18.</b> Bolsas incubandose dentro del rumen. ....	35
<b>Figura 19.</b> Prueba del lavado correcto de las bolsas.....	36
<b>Figura 20.</b> Preparación de la muestra. ....	38
<b>Figura 21.</b> Estufa con la muestra secandose. ....	38
<b>Figura 22.</b> Muestra en estufa de aire circulante.....	39

<b>Figura 23.</b> Equipo para determinar la Fibra Neurtro y Acido Detergente.....	42
<b>Figura 24.</b> Curva de degradabilidad ruminal.....	45
<b>Figura 25.</b> Curva de degradación de la M.O. del Pasto Estrella.....	52
<b>Figura 26.</b> Curva de degradación de la M.O. del Pasto Swazi.....	55
<b>Figura 27.</b> Curva de degradación de la M.O. del Pasto Pangola.....	58
<b>Figura 28.</b> Curva de degradación de la M.O.R. del Pasto Estrella.....	61
<b>Figura 29.</b> Curva de degradación de la M.O.R. del Pasto Swazi.....	64
<b>Figura 30.</b> Curva de degradación de la M.O.R. del Pasto Pangola.....	67
<b>Figura 31.</b> Curva de degradación de la M.S. del Pasto Estrella.....	70
<b>Figura 32.</b> Curva de degradación de la M.S del Pasto Swazi.....	73
<b>Figura 33.</b> Curva de degradación de la M.S. del Pasto Pangola.....	76

## INDICE DE ANEXOS.

CONTENIDO	PÁGINA
A-1. Análisis Wendee. ....	85
A-2. Método de Van Soest para fraccionar las fibrasde alimentos. ....	86
A-3. Cuadro de toma de datos. ....	87
A-4. Procedimiento del NOWAY. Degradación de M.S. en EEP. ....	88
A-5. Procedimiento del NOWAY. Degradación de M.S. en Hda. Olocuilta. ....	95
A-6. Glosario. ....	102
Figura A-1. Incidiendo las capas musculares. ....	105
Figura A-2. Colocación de la fístula. ....	105
Figura A-3. Remojo de la muestra en el erlenmeyer. ....	105
Figura A-4. Fijación del papel filtro al embudo.. ....	106
Figura A-5. Residuo en el papel filtro. ....	106
Figura A-6. Amarrado de las bolsas para incubar. ....	106

## 1. INTRODUCCION

En El Salvador, la industria ganadera ha venido desarrollándose con mayor auge desde el inicio de la década de los 90's, introduciendo asesoría técnica apropiada y promoviendo el uso más eficiente de especies de pastos y forrajes de mayor producción de biomasa y adaptabilidad a las condiciones climáticas de nuestro país logrando en la actualidad ser un rubro pecuario de mayor importancia económica dentro del PIB donde: los lácteos aportaron \$58.5 millones en el año 2004 y \$60.1 en el 2005. Por otro lado las carnes y subproductos aportaron \$32.9 millones en 2004 y \$34.6 en 2005 (BCR, Oct-Dic 2005).

La alimentación representa el principal costo en la producción animal y el que mayormente determina los rendimientos, por lo que es importante suministrar una dieta que cumpla los requerimientos nutricionales de las especies al menor costo posible. Los pastos no solo proveen el alimento nutritivo y económico ideal para el ganado bovino sino también son los que se producen a menor costo y su disponibilidad depende solamente de la capacidad del propio productor para obtener una provisión adecuada de ellos. Estos introducidos a los sistemas granjeros, con la máxima extensión posible aseguran una economía estable dentro de la ganadería. Aunque los pastos y forrajes proporcionan la mayor fuente de nutrientes para la producción animal en el trópico, su calidad nutritiva es generalmente mas baja que en las regiones templadas y mientras los rendimientos en materia seca pueden ser elevados, el forraje a menudo puede ser deficiente en proteína cruda y relativamente alto en hemicelulosa y muy lignificados. Esto puede influir en el consumo voluntario del alimento y consecuentemente en la productividad del animal. (Close, W. Menke, K, 1986).

La técnica de digestibilidad *in situ* es un método rápido y eficiente para calificar a un alimento. A grandes rasgos consiste en colocar una muestra de alimento dentro de una bolsa de nylon, u otro material indigerible, las cuales posteriormente son introducidas al rumen de un animal fistulado. Ahí se deja un determinado tiempo, dependiendo del origen del alimento luego se sacan y se lavan bien hasta obtener

agua clara, después se colocan en una estufa para obtener las muestras y trabajarlas en materia seca.

En virtud de lo anterior este ensayo tiene por objetivo la determinación del grado de degradabilidad *in situ* de la materia seca y orgánica de tres pastos: pangola, swazi y estrella a diferentes edades de corte, así como el silo de sorgo evaluados en dos sistemas de producción ganadera, para estimar su calidad biológica y química, estableciendo cual es mejor aprovechado por el animal.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Determinar la degradabilidad *in situ* de la materia seca y materia orgánica que presentan los diferentes materiales forrajeros evaluados (pangola, estrella, swazi y silo de sorgo) usados para la alimentación del ganado bovino en dos sistemas de producción ganadera.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Estudiar las variaciones que presenta la degradabilidad del pasto estrella, pasto pangola, pasto swazi y silo de sorgo incubados en diferentes tiempos y a tres edades de corte.
- Establecer las diferencias en degradabilidad de los forrajes incubados en diferentes tiempos según el sistema de producción ganadera.
- Determinar el porcentaje de degradación de materia seca de los diferentes materiales estudiados proporcionados para la alimentación del ganado.

### **3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1 INTRODUCCIÓN DE LOS PASTOS FORRAJEROS EN EL SALVADOR Y SU IMPORTANCIA EN LA GANADERIA**

La alimentación representa el principal costo en la producción animal, por lo que es importante suministrar una dieta que cumpla los requerimientos nutricionales de las especies al menor costo posible. Los pastos proveen el alimento nutritivo y económico ideal para el ganado bovino. Estos introducidos a los sistemas granjeros con la máxima extensión posible aseguran una economía estable dentro de la unidad granjera. Aunque los pastos y forrajes proporcionan la mayor fuente de nutrientes para la producción animal en el trópico su calidad nutritiva es generalmente mas baja que en las regiones templadas y mientras los rendimientos en materia seca pueden ser elevados, el forraje a menudo puede ser deficiente en proteína cruda y relativamente alto en fibra cruda. Esto puede influir en la ingesta del alimento y consecuentemente en la productividad del animal. (Close, W. Menke, K, 1986)

Según Angeles, S. (2002) La composición y valor nutritivo de los pastos dependen de un número variado de factores, incluyendo las no menos importante condiciones climáticas bajo las cuales se da el cultivo. Por lo tanto durante la estación lluviosa, la cual puede variar desde dos a ocho meses (en el caso de El Salvador es de seis meses), aunque las pasturas en el trópico pueden crecer rápidamente y presentar una calidad razonable muy pronto tienden a madurar muy rápido. Durante la estación seca, a pesar que los pastos pueden estar disponibles en algunas regiones, son de muy baja calidad e inadecuados hasta para el mantenimiento de los animales.

La composición química y por lo tanto el valor nutritivo de los pastos varía ampliamente no solo entre las especies; sino también dentro de los estados de madurez, condiciones climáticas y tipos de suelo que representa la disponibilidad de los nutrientes, estos factores unidos a la poca motivación de mejorar las prácticas de

manejo y los problemas socioeconómicos son los factores de mayor importancia que limitan la productividad de los pastos. (Close, W. Menke, K, 1986).

### **3. 2 Variedades utilizadas**

#### **3.2.1 Pastos**

Planta de la familia de las Gramíneas (Poáceas) en términos estrictos; también se incluyen otras plantas herbáceas de monocotiledóneas y de otras familias botánicas que sean consumidas por los animales.

##### **3.2.1.1 Pasto pangola**

El pasto Pangola (*Digitaria decumbens*); especie nativa de África, introducida en América por su importancia forrajera, se cree que fue producido por la hibridación de especies poco relacionadas. Ahora se cultiva en la mayoría de los países calientes subtropicales, tropicales y templados

El pasto Pangola se adapta para ser cultivado desde el nivel del mar hasta los 1200 m.s.n.m. crece en un amplio espectro de suelos, en arenas húmedas, arcillas pesadas y con niveles bajos de fertilidad, siempre que estos tengan un buen drenaje; aunque los mejores resultados se obtienen en suelos fértiles y sueltos.

Es un zacate tropical perenne de crecimiento bajo y rápido que invade el suelo con sus estolones. La vegetación foliácea es muy densa sobre los tallos y los estolones que crecen hasta 50 cm de altura; cuando florece, las semillas generalmente no son fértiles

Las temperaturas mínimas y máximas adecuadas para el pangola corresponden a 18°C y 25-30°C. En cuanto a la precipitación este p asto se adapta a regiones con alrededor de 600-2000 mm de precipitación pluvial al año resistentes a las sequías de corta duración una vez establecido (Vásquez y col.1990).

Para el Pasto Pangola (*Digitaria decumbens*) se reporta el siguiente análisis bromatológico:

**Para la materia verde.**

Agua 75%; Proteína bruta 2%; carbohidratos 12.4%; Fibra cruda 7%; Extracto Etéreo 0.4% y la ceniza 3.2% y

**Para el heno:**

Agua 10%; Proteína bruta 8.40%; Carbohidratos 39.40%; Fibra 29.5%; Grasas 2.15% y Cenizas 2.55% (Flores Menéndez, 1983)

El valor alimentario del pasto Pangola es alto, pero la deficiencia proteica que presenta cuando se acerca a la madurez puede limitar su ingestión por los animales (Minson, 1967) si no se proporciona una aplicación tardía de fertilizante nitrogenado o se cultiva en combinación con una leguminosa. Bryan y Sharpe (1965) informaron sobre la existencia de niveles que oscilaron entre el 3,9 y el 11,6% de proteína bruta en la materia seca.

En Costa Rica, los análisis del material vegetativo al inicio de la floración arrojaron 11,81% de proteína bruta, 30,2% de fibra bruta, 36,3% de extracto libre de nitrógeno, 2,5% de extracto etéreo y 9,2% de ceniza en un material con 10% de humedad.

La fertilización sulfúrica del pasto Pangola con un superfosfato aumentó el valor alimentario de la gramínea superando la deficiencia simple de azufre que se produce cuando la dieta contiene menos de 0,17% de dicho elemento (Rees y Minson, 1976).

**3.2.1.2 Pasto estrella**

El pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*) es nativo del África Oriental, es una gramínea perenne vigoroso y se ha distribuido en el trópico y subtrópico, a una altura desde el nivel del mar hasta los 1500 m.s.n.m. y en zonas de escasa precipitación pluvial de 800 mm como mínimo. A mayor temperatura mayor es la producción de biomasa, y a menor temperatura la producción disminuye, siendo la temperatura óptima entre 25 y 38°C.

Crece en una amplia gama de suelos que varían desde arenosos hasta arcillosos y se propagan más rápidamente en suelos de textura media a fina, con humedad adecuada, pero bien drenado. Para su producción le favorecen los suelos fértiles, no muy húmedos. En general se ha observado que tiene un mejor desarrollo en suelos profundos y pesados que en ligeros, a causas probablemente de que en los suelos pesados suelen ser más fértiles y retienen mejor la humedad. Los mejores rendimientos son en terrenos con pH neutro.

Para el Pasto Estrella (*Cynodon plectostachyus*) se reporta el siguiente Análisis Químico: para la Proteína cruda 14.22%; Grasa cruda 1.72%; Hidratos de carbono 37.38%; Fibra cruda 24.28% y el potasio 8.77% (Flores Menéndez, 1983).

### **3.2.1.3 Pasto swazi**

El pasto Swazi (*Digitaria Swazilandensis* Stent.) es nativo de África del Sur y Swazilandia; fue introducido a El Salvador en diciembre de 1984 a través de material vegetativo procedente de Panamá este material vegetativo fue propagado en el Centro de Desarrollo Ganadero de Izalco (CEGA- IZALCO) (Sermeño 1990; citado por Alfaro y col. en 1993).

Este pasto se desarrolla en suelos bien drenados y se adapta hasta alturas de 1000 m.s.n.m aunque en el país se adapta mejor a alturas comprendidas entre los 0 a 500 m.s.n.m, en ecosistemas tropicales presenta un buen crecimiento siempre y cuando se encuentre entre un rango de temperatura de 21°C hasta los 34°C, para su óptimo desarrollo requiere de un mínimo de 5 a 10 horas de luz solar. Soporta alta intensidad de defoliación y es de excelente recuperación y persistencia. Esta especie forrajera, de poco rendimiento y no muy apetecible, se cultiva bien bajo precipitaciones pluviales que oscilan de 1000 a 4000 mm/año bien distribuidos (Alfaro y col.1993)

Para el Pasto Swazi (*Digitaria Swazilandensis*) se reporta el siguiente análisis Bromatológico: para la Materia Seca 22%; para la Proteína Cruda 12.07%; Cenizas

9.54%; Fibra 40.08%; potasio 2.13%. (Jiménez y Aparicio, 1981; citado por Alfaro 1993).

### **3.2.2 Ensilajes.**

Representan la vía húmeda de conservación de forrajes verdes, ya que con este se consigue mantener el valor nutritivo sin rebajar sensiblemente su contenido en agua. El ensilado es una técnica que permite conservar el forraje en un estado físico parecido al que tenía en el momento de la recolección: verde, prehenificado o semihenificado; Además elimina las desventajas de la ineficiencia y el costo del trabajo diario de acarreo de pasto, pero la composición química está modificada en menor medida por las fermentaciones que sufre (B. T. I., Junio 1968; citado por Duthil, Jean 1976).

Los ensilajes se pueden realizar con diferentes materias primas como: el maíz, sorgo (maicillo), patata forrajera, raíces troceadas, gramíneas, etc.; así como también existen diferentes manejos de ensilados como son en bunker, trinchera y pisados. Es difícil determinar objetivamente la calidad del ensilaje de gramíneas y leguminosas. La calidad viene a ser una medida de la eficacia del proceso de ensilado, de la cuantía de las pérdidas de principios nutritivos y de la aceptación relativa de los animales. Un animal adulto de 454.5 kg consume del 4 – 6% de su P. V. en ensilaje. (Close, W. Menke, K, 1986)

#### **Ventajas:**

- Se conserva mayor cantidad de principios nutritivos para la alimentación de los animales.
- Hay que adquirir menos alimentos complementarios, especialmente alimentos concentrados ricos en proteínas.
- Las plantas forrajeras se pueden cosechar más pronto, en la fase en que son más nutritivas.
- La leche producida por los animales alimentados con ensilado es más rica en vitamina A y caroteno, y esta menos expuesta a tomar olor a oxidada.

### **Desventajas:**

- Se trabaja con material con alto contenido de humedad lo cual puede dificultar su manejo.
- Debe racionarse diariamente, ya que la exposición al aire lo descompone oxidándolo.
- Debe protegerse del aire y agua para su conservación.
- Si el proceso tuvo errores, puede perderse la totalidad del forraje.
- Hay siempre una pérdida de elementos nutritivos debido a la fermentación.

## **3.3 Evaluación de los alimentos forrajeros**

### **3.3.1 Generalidades**

Una importante restricción en la producción ganadera en los países en desarrollo es la escasez y la fluctuante calidad y cantidad de la suplementación alimenticia anual. Proveer alimento de adecuada calidad al ganado para alcanzar y mantener la productividad es y será un mayor reto para los científicos de la agricultura y a los responsables de los hacedores de políticas de la agricultura alrededor del mundo. El incremento en la población y el rápido crecimiento de la economía mundial permitirá el incremento en la demanda de productos de origen animal., un incremento de aproximadamente de un 30% en la producción lechera y cárnica se espera en los próximos 20 años.

Al mismo tiempo la demanda de cultivos alimenticios también aumentará. Futuras expectativas en la alimentación en masa y proteger su seguridad alimentaria dependerá del realce y la utilización eficiente de los recursos no convencionales, que no pueden ser utilizados para alimentación humana pero si para los animales. Junto a esto un área extensa de tierras en el mundo están degradadas, marginales o áridas y la cantidad esta incrementándose cada año. Esto también desecha la identificación e introducción de nuevas y menos conocidas plantas capaces de crecer en suelos pobres, las cuales pueden representar un papel importante en el control de la erosión del suelo además de proporcionar alimentos y piensos. En los países en desarrollo, el ganado es alimentado principalmente con subproductos agroindustriales

sumamente lignificados tales como la paja de cereales, subproductos de la caña de azúcar y similares. Estos alimentos son pobres en energía, proteína, minerales y vitaminas. La adición de follajes, suplementación con semillas e incluso urea pueden mejorar la utilización de forrajes de baja calidad principalmente a través del suministro de nitrógeno a los microorganismos ruminales. El uso de técnicas simples pero enérgicas para la evaluación de la calidad nutricional de estos recursos alimenticios contribuirá a su eficiente utilización (Makkar, H. 2005).

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

Los componentes que determinan la calidad de los forrajes son el valor nutritivo, el consumo y la aceptabilidad por los animales. La mejor evaluación de la calidad la hace el animal como consumidor inmediato. El rendimiento por animal se determina por el valor nutritivo y por el consumo, siendo ambos factores importantes de la calidad de los forrajes. Así la producción animal está en función de la calidad del forraje, determinada esta por el aporte de nutrimentos, la digestibilidad, y por otros factores como el consumo voluntario, raza, adaptación, parásitos, nivel productivo, etc. (Melgarejo, 2002).

Aunque la composición química de una especie herbácea es valiosa como guía de su valor nutritivo, comparada con otros alimentos, deben efectuarse pruebas de alimentación con los animales a los que se destinen las herbáceas, relacionando los resultados con los datos obtenidos mediante análisis químicos. (Schneider, B. 1975)

En cuanto a la calidad nutritiva de los forrajes, para un mismo estado fisiológico, se tienen registrados, para gramíneas tropicales, menores contenidos de proteína, mayores concentraciones de fibra, menor digestibilidad y menor índice de consumo que en caso de pastos provenientes de zonas templadas. Esto es producto de un acelerado crecimiento en el proceso de maduración de los forrajes, sumado a factores genéticos que determinan las diferencias en calidad nutritiva entre especies. La edad o madurez de la planta determinan su calidad nutritiva, ya que a mayor madurez disminuye la digestibilidad; en cuanto al contenido de proteína las

gramíneas tropicales presentan una alta proporción al inicio del crecimiento para decaer marcadamente en la madurez, momento en que el nitrógeno es removido de las hojas a los tejidos de reserva (base de tallos, y raíces). El consumo voluntario también se ve afectado negativamente con la madurez del forraje. (Melgarejo, 2002).

### **3.3.2.1 Digestibilidad**

La palabra digestibilidad denota el porcentaje de alimento o nutriente de los alimentos que es disuelto en alguna parte del tracto digestivo de esta forma puede ser absorbido, ser aprovechado por las células del cuerpo. Se ha observado que si los forrajes se mantienen con 80% de digestibilidad, se logra una producción diaria de 20 litros de leche con corrección de grasa a 4% por animal y por día, durante un periodo de 280 días en climas templados. Las estimaciones de digestibilidad basadas en la evaluación de forrajes pasan por alto la selectividad de los animales que pastan; ya que estos, tienden a seleccionar los componentes más digeribles y dejan de consumir partes vegetales demasiado maduras; se puede subestimar la digestibilidad de estos forrajes cuando se basa en pruebas de alimentación con pastos cortados. Usando animales equipados con fístulas esofágicas se ha demostrado la selección de pastos con un contenido más alto de proteínas y más bajo de fibra que lo estimado en las muestras obtenidas mediante los cortes a mano. Sin embargo, esas diferencias no pueden atribuirse totalmente a la selectividad (Melgarejo, L. 2002).

Por otra parte, la fertilización con nitrógeno puede reducir la digestibilidad de pastos y leguminosas, cuando se reduce la proporción de leguminosas o puede incrementarse la digestibilidad de gramíneas que tengan un contenido demasiado bajo de nitrógeno para permitir el funcionamiento eficiente de la microflora del rumen.

La relación hojas/tallos influye en la digestibilidad, puesto que las variedades con muchas hojas son más digeribles, comparadas con las que tienen gran proporción de tallos son, por lo menos, tan digeribles como las variedades con muchas hojas. Sólo

cuando se permite que los tallos maduren se produce una disminución considerable de la digestibilidad (Melgarejo, L. 2002).

Las características de fermentación o las pruebas de digestibilidad de los alimentos en el rumen pueden ser estudiadas por métodos: *in vivo, in situ e in vitro*

#### **3.3.2.1.1 Técnica in vivo.**

Consiste en medir la cantidad de alimento que consume un animal o un conjunto de animales, y las excreciones que liberan durante un tiempo determinado. La diferencia entre lo consumido y lo excretado puede considerarse como lo digerido por el animal (Church, 1993).

De tal forma que el porcentaje de digestibilidad de materia seca (DMS) de ese alimento puede calcularse a partir de la siguiente fórmula:

$$\text{DMS (\%)} = \frac{\text{Total de alimento consumido} - \text{Total excretado}}{\text{Total de alimento consumido}} \times 100$$

Este método de evaluación de la digestibilidad no es exacto ya que se cometen dos errores. El primero es que el gas metano producido durante la fermentación ruminal se pierde mediante el eructo y no se absorbe, de tal forma que se sobrestimaría la digestibilidad. El segundo error, y más grosero, es que las heces no sólo están compuestas de restos de alimento no digeridos, sino que también la constituyen enzimas, sustancias segregadas por el intestino y células de la mucosa intestinal. De esta manera la digestibilidad calculada en realidad resulta inferior a la digestibilidad que realmente tendrá el alimento en que se está evaluando.

### 3.3.2.1.2 Técnica *in vitro*.

Puesto que la realización de experimentos de digestibilidad es un proceso laborioso, se han realizado muchos intentos para determinar la digestibilidad de los alimentos reproduciendo en el laboratorio las reacciones que tienen lugar en el tracto digestivo de los animales.

La digestibilidad de los alimentos de los rumiantes puede determinarse, con cierta exactitud, sometiéndolos, en primer lugar a la acción del líquido ruminal y, seguidamente, a la acción de la pepsina. Durante la primera fase de este método, denominado “*in vitro* en dos fases”, se incubaba en condiciones anaerobias, durante 48 horas, una muestra de alimento, finamente molido, en un tubo que contiene líquido ruminal tamponado. En la segunda fase, se mataban las bacterias acidificando el medio con ácido clorhídrico, hasta alcanzar un pH 2, y se digerían incubándolas con pepsina durante otras 48 horas. El residuo insoluble se filtra, deseca e incinera; restando la materia orgánica de la existente en el alimento, se obtiene una estimación de la materia orgánica digestible.

En la actualidad, se utiliza esta técnica para analizar los alimentos groseros de las explotaciones, para asesorar a los ganaderos, así como para determinar la digestibilidad de muestras de tamaño pequeño, como las obtenidas por los fitotécnicos (Mc Donald; Edwards. Et al; 1999).

La técnica de producción de gases es otro método *in vitro* que permite determinar la extensión y la cinética de degradación del alimento a través del volumen de gas producido durante el proceso fermentativo (Theodorou et al. 1994). Una de las ventajas de este procedimiento es que el curso de la fermentación y el papel de los componentes solubles del sustrato puede ser cuantificado (Pell et al 1997). Otro problema inherente a los métodos *in situ* e *in vitro* que se han tratado de solucionar a través de la técnica de producción de gas es el estudio de las fases tempranas de la fermentación, ya que los procedimientos gravimétricos no son lo suficientemente sensibles para medir los pequeños cambios que ocurren en el peso del sustrato durante las primeras horas de fermentación (Rosero 2002).

### 3.3.2.1.3 Técnica in situ.

La técnica de la bolsa de nylon; también llamado *in situ* o *in sacco* (Mc Donald; et al. 1999) describe la cinética de degradación de los alimentos en el rumen mediante la desaparición del sustrato (Ørskov; et al., 1980), (Kempton; 1980).

Es un proceso de fermentación del material a estudiar, donde se introduce la muestra en una bolsa de poliéster o de nylon con pequeños poros. Esta bolsa se suspende en el rumen, a través de la cánula de un animal, durante periodos determinados de tiempo. Las bacterias, líquidos y productos finales de la digestión entran y salen a través de los poros. El material que desaparece dentro 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, las bacterias ruminales pueden entrar en la bolsa durante la fermentación. Generalmente se utiliza una bolsa que puede tener 14 cm de alto y 9 cm de ancho La digestibilidad de los forrajes y las fuentes de proteína pueden ser determinadas rápidamente a través de esta técnica (Ørskov; et al., 1980).

Entre sus ventajas destaca el poder predecir relativamente bien el consumo voluntario y la digestibilidad de un alimento (Ørskov, 2000), y ha contribuido extensivamente a mejorar el entendimiento del aporte de Nitrógeno debido a que ayuda a entender los procesos de degradación que ocurren en el rumen.

Además esta técnica tiene varias limitaciones conocidas:

- La falta de un proceso de rumia sobre la muestra.
- Reducida posibilidad de escape.
- Las características de la bolsa (tamaño, número de poro y estabilidad del poro).
- Y en especial el procesamiento de la muestra que se incubaba.

Por lo que el empleo de metodologías estandarizadas y la evaluación de los materiales y procedimientos contribuyen a reducir el error experimental asociado a la técnica (Rosado, R.C.M.; Ayala, B.A.J. 1999).

Es una técnica importante para medir la degradación ruminal de granos y forrajes por lo que se considera un método adecuado para estudiar la digestibilidad.

- **Recursos utilizados:**

- Vacas fistuladas:

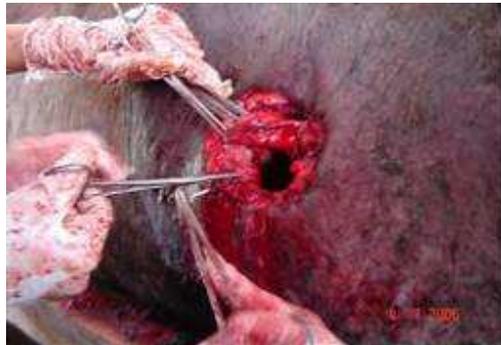
El procedimiento para realizar la fístula ruminal en los bovinos inicia con un período preoperatorio de ayuno por 24 horas, con el objetivo de disminuir el contenido ruminal; y así, poder reducir el riesgo de contaminación de los tejidos que serán expuestos; se prepara el área (fosa paralumbar izquierda) rasurando y lavando vigorosamente con jabón antiséptico.



**Figura Nº 1** Incidiendo Piel.

El proceso operatorio da inicio con la infiltración de anestésico intervertebral para desensibilizar el área de trabajo luego se aplica la misma solución anestésica en forma de letra “L” invertida de forma subcutánea potenciando la insensibilización. Se continua dibujando un circulo en la piel del animal cuyo diámetro coincida con la medida del diámetro de la cánula; se procede a incidir la piel separando las capas musculares para evitar hemorragias (ver figura A-1), una vez alcanzado el interior de la cavidad abdominal, se pinza el peritoneo luego se toma el rumen y se hace una

pequeña incisión, con la ayuda de pinzas Allis se sujetan las capas musculares además los bordes de la incisión del rumen y se unen por medio de suturas continuas.



**Figura Nº 2** Exposición del peritoneo.

Se limpia y desinfecta la incisión luego se aplica pomada cicatrizante en el borde interno de esta. La cánula se sumerge en agua tibia desde el inicio de la cirugía con el objetivo de suavizar su textura. Se coloca la cánula que servirá de tapón de la fístula (ver figura A-2), pero antes de colocar el tapón se saca parte del contenido ruminal y luego se vuelve a introducir.



**Figura Nº 3** Introduciendo el contenido ruminal.

- Bolsas de nylon.

Orskov, et al, 1980; citado por Camero, 1984 Menciona que el material con el que se fabrica la bolsa debe ser indigerible por el animal. En el desarrollo de esta técnica en investigaciones anteriores demuestran que las características de la tela tienen suma importancia sobre los resultados obtenidos. Es importante recordar que la tela con la

que se fabrican las bolsas, 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. (Ayala y Rosado, 2000).

Los parámetros importantes a medir 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 (Flores Tensos,2006).

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 esta relacionado con la cantidad de líquido ruminal que puede entrar a la bolsa fácilmente y mezclarse con la muestra (Orskov, et al 1980).

Según Ayala, B. y Cintya, R. 1999 comunicación personal; citado por Flores, T. 2006 utilizan bolsas de 18 cm de alto por 7 cm de ancho el cual esta dentro del margen recomendable de muestra por unidad de área, las bolsas deben llevar costura para asegurar su durabilidad y los bordes de la bolsa ser redondeados por la costura para evitar residuos de muestras de análisis anteriores. Rodríguez, 1968; citado por Camero, 1984, en sus ensayos utilizó bolsas con un tamaño de 12 x 5 cm, siendo estas de material de dacrón.

- Cantidad y tamaño de muestra.

- Cantidad:

Según Vanzat, et al, 1998; citado por Ayala, B. y Rosado, R. 1999, hay influencia significativa en la degradación debido a la cantidad de la muestra en relación con la superficie de la bolsa:  $(M/A) = (\text{mg}/\text{cm}^2)$ , ya que lo recomendable es mantenerse dentro del rango de 10 a 20 mg/ cm<sup>2</sup>.

De la cantidad de la muestra también dependerá la altura a la que se amarrará la bolsa de nylon, tomando en cuenta las dimensiones de estas.

La cantidad de la muestra que se necesite puede ser definida por aquella que proporcione material adecuado para los análisis posteriores a la incubación, también dependerá de la precisión con que se pese la muestra. Como también la disponibilidad de esta para sus estudios. Orskov, 1980; manifiesta que se necesitan 2 g de paja molida seca, 3 g de heno , 5 g de concentrado; Los últimos ensayos que ha desarrollado la FMVZ-UADY<sup>1</sup>, determinan que se necesitan alrededor de 3 g para muestras de pasto y 5 g para concentrados (Ayala, B. y Rosado, R. 1999) .

- Tamaño:

El procesamiento de las muestras (tamaño de partícula o molido), tiene relación con el tamaño del poro de las bolsas, afectando la desaparición de los constituyentes alimenticios (Ayala, B. y Rosado, R. 1999).

Orskov, 1980; citado por Camero, 1984, menciona que la medida del molido del alimento en un tamiz de número 1, 2, 3, y 4 milímetros (mm) de diámetro, no afecta significativamente la pérdida de alimento depositado en el rumen. Pero los ensayos realizados por el Laboratorio de Bromatología de FMVZ-UADY<sup>1</sup>; manifiestan que a medida que se disminuye el tamaño de la partícula, la desaparición de la materia seca y nitrógeno, dentro de la bolsa ruminal se incrementa, debido a la exposición del material al líquido ruminal (Ayala, B. y Rosado, R. sf). Lo que se recomienda para

---

<sup>1</sup> FMVZ-UADY: Facultad de medicina Veterinaria y Zootecnia – Universidad Autónoma de Yucatán.

mejorar la uniformidad de las muestras es que estas sean pulverizadas en un molino con un tamaño de malla o criba de 1 a 2 mm (Ayala, B. y Rosado, R. 1999).

#### - Tiempo de incubación

Según Orskov, et al, 1980; citado por Camero, 1984; citado por Ayala, B y Rosado, R. 1999 el tiempo de incubación variará de acuerdo al material que se esté incubando. Se prefiere que para los concentrados tengan un tiempo de incubación de 12 a 36 horas, para los forrajes de alta calidad de 24 a 60 horas, para los forrajes de baja calidad de 48 a 72 horas. Por otro lado los ensayos que reporta el Laboratorio de Bromatología y el Departamento de Nutrición animal de la FMVZ-UADY<sup>1</sup>, los tiempos máximos de incubación para concentrados pueden ser hasta 48 horas, para forrajes de alta calidad hasta 60 horas y para los forrajes de baja calidad hasta un máximo de 120 horas de incubación. Además se sugiere que el número de tiempos a evaluar para un alimento no sea menor a 6; sobre todo cuando el objetivo es determinar el potencial de degradación ruminal. (Ayala, B y Rosado, R. 2000).

### **3.3.3 Evaluación química de los Alimentos.**

Conocer la composición química de los alimentos y los factores que los modifican es muy importante para usos prácticos y con el objetivo de realizar una evaluación de la capacidad de estos, para suplir los requerimientos nutricionales de las dietas del ganado.

#### **3.3.3.1 Análisis químico proximal**

El valor potencial de los alimentos para aportar los distintos nutrientes, puede determinarse mediante el análisis químico. La composición química inmediata de un alimento se obtiene mediante el Análisis Químico Proximal; este tipo de análisis fue creado por investigadores de la estación experimental de Wendee; Alemania, por lo que también se conoce como análisis de Wendee (Bateman 1970). Ver anexo 1

Los datos que se obtienen por medio del análisis químico proximal son:

- Humedad:

El componente más abundante y el único que casi siempre esta presente en los alimentos es el agua; es decir, que es la sustancia mas simple de los alimentos.

Los tejidos animales y vegetales contienen agua en abundancia. En las hojas de los vegetales existen 90% o más de agua.

El agua presente en los tejidos puede encontrarse:

- Como agua libre, en la cual las sustancias se disuelven o dispersan, ejemplo: en el citoplasma o en cualquiera de los fluidos circulantes de los tejidos.
- Como hidratos, como seria en el caso de los almidones, proteínas y muchos otros compuestos orgánicos importantes en los alimentos que forman hidratos.
- Adsorbida sobre la superficie de los sólidos.

La presencia del agua en los alimentos y su concentración determina en alto grado su sabor y digestibilidad, así como la estructura física y la capacidad de manejo técnico del material.

Se calcula como la pérdida de peso al desecar la muestra en una estufa, a presión atmosférica, con temperatura ligeramente superior a la ebullición del agua, hasta alcanzar peso constante. (Cañas, F. 2000)

- Materia seca:

Se le llama materia seca a la fracción restante después de extraer el agua de la muestra, para su determinación se emplean los métodos directo e indirecto. El método indirecto se basa e la separación del agua por diferencia en peso total, aplicando calor o desecación por estufa. Los forrajes verdes son sometidos a desecación a una temperatura de 50- 60 °C durante 18 a 24 horas, para que las muestras no sufran ningún cambio (Bateman 1970).

La porción orgánica de la materia seca está compuesta por:

- Proteína cruda:

Las proteínas de un alimento pueden calcularse químicamente a partir de un contenido determinado por la técnica Kjeldahl; ello nos da una cifra del nitrógeno, bajo cualquier forma, excepto como nitritos y nitratos.

Para la determinación o cálculo de proteínas se basa en que la mayoría del material nitrogenado presente en los ingredientes son proteínas y que estas poseen en promedio 16% de nitrógeno. Para calcular la cantidad de proteína en la muestra, se considera que si en una proteína hay 16% de nitrógeno, se necesitan 6.25 veces la cantidad de este nitrógeno para igualar el 100%, o sea toda la proteína que existe en el total de la muestra (Cañas, F. 2000).

Fundamento:

El nitrógeno en una muestra es convertida a sulfato de amonio por digestión con ácido sulfúrico en presencia de catalizadores. El amonio es liberado del sulfato de amonio por adición de hidróxido de sodio. El amonio liberado es recolectado en una solución de ácido bórico para ser titulado con ácido sulfúrico valorado. (Cañas, F. 2000)

- Cenizas:

Las cenizas de los productos alimentarios están constituidas por el residuo inorgánico que queda después de que la materia orgánica se ha quemado. Las cenizas obtenidas no tienen necesariamente la misma composición que la materia mineral presente en el alimento original, ya que puede haber habido pérdidas por volatilización o alguna interacción entre los constituyentes. (Cervera, R. 2000)

El fundamento se basa en que 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, F. 2000).

- Extracto Etéreo:

El término extracto etéreo se refiere al conjunto de sustancias que puedan ser extraídas con Hexano, Éter anhidro y Éter de petróleo.

El contenido en grasa (llamado extracto etéreo o grasa cruda), incluye además de los ésteres de los ácidos grasos con el glicerol a los fosfolípidos, las lecitinas, los esteroides, las ceras, los ácidos grasos libres, los carotenoides, la clorofila y otros pigmentos (Cervera, R. 2000).

Esta consiste en la extracción de los materiales liposolubles de la muestra con éter de petróleo con pesada posterior del extracto tras la evaporación del disolvente.

Con materias de origen vegetal se hace referencia siempre a Extracto Etéreo EE y no a grasa bruta (GB) ya que, además de grasa, el éter extrae importantes cantidades de pigmentos vegetales, ceras, etc. Con muestras de origen animal, es conveniente preceder la extracción con una hidrólisis ácida (Cervera, R. 2000).

- Fibra cruda:

El término fibra cruda se refiere al residuo orgánico combustible e insoluble (formado principalmente por celulosa, lignina, hemicelulosas; conjuntamente con arena, sílice y otras sustancias minerales incluidas en los tejidos que queda de las paredes celulares después de tratar con la muestra.

En general, las cubiertas protectoras de muchos alimentos contienen considerablemente mayor cantidad de fibra que los tejidos interiores más suaves y más fácil de consumir. El valor de fibra cruda puede ser usado para establecer la cantidad presente de la cáscara, hueso de fruta, aserrín etc, en un alimento (Cervera, R. 2000).

La fibra cruda es la pérdida por ignición de los residuos secos que van desde la digestión de la muestra con ácido sulfúrico 1.25%, e hidróxido de sodio 1.25% bajo condiciones controladas. Se puede utilizar el método para granos, harinas, alimentos para animales y materiales fibrosos que estén libres de grasa. (Cervera, R. 2000)

- Extracto libre de nitrógeno:

Este valor se estima por diferencia restando de 100 los porcentajes de humedad, proteína cruda, extracto etéreo, fibra cruda y material mineral. Esta constituido por almidones, azúcares solubles, pectinas ácidos orgánicos, mucílagos y ligninas (Cañas, F. 2000).

### **3.3.3.2 Sistema de Van Soest.**

Los nutricionistas consideran el análisis inmediato de los alimentos arcaico y poco exacto. Las críticas más duras recaen sobre la fracción hidrocarbonada (Fibra bruta y Extractivos libres de Nitrógeno). Precisamente para tratar de obviar el inconveniente que supone el saber que parte de la fracción de fibra que es potencialmente aprovechable por los rumiantes y que los no rumiantes pueden encontrarse con alimentos aparentemente poco fibrosos pero que resultan de muy difícil digestión Van Soest en 1967 propuso una analítica que dividía a los componentes del alimento en tres grupos o fracciones:

- Fracción muy utilizable
- Fracción parcialmente utilizable
- Fracción no utilizable

Hirviendo la muestra de alimento en una solución detergente neutra se divide en una fracción muy utilizable que incluye al contenido celular y la pectina que son Solubles en detergente neutro (SND), y una fracción parcialmente utilizable constituida por componentes de la pared celular insolubles denominada Fibra neutro detergente (FDN). Los SND contienen lípidos, azúcares, almidón, proteína y ácidos orgánicos así como pectina componente normal de la pared celular que tiene una alta utilización nutritiva (Escamilla, E. 2002).

La FDN se hierve en detergente ácido con lo que la hemicelulosa se hidroliza y se obtiene un residuo denominado Fibra ácido detergente (FAD) que contiene celulosa y

la fracción menos digestible (lignina, cutina, sílice y nitrógeno no proteico) (Escamilla, E. 2002). Ver anexo 2.

#### 4. JUSTIFICACIÓN.

En nuestro país se presentan dos marcadas estaciones climáticas; la estación lluviosa de abril a septiembre que preserva suficiente agua para generar pasto pero solamente durante los seis meses que las lluvias persisten; y la estación seca que dura de octubre a marzo, cuando disminuye dramáticamente la producción de biomasa de los pastos, el contenido proteico, como también el grado de aprovechamiento por parte del animal debido a una excesiva lignificación en los forrajes.

Es necesario contar con criterios acertados para la toma de decisiones en cuanto a la alimentación de los animales, incluyendo la elección del forraje más atinado de acuerdo a la condición particular de nuestro país. La técnica *in situ* es una herramienta que responde a las inquietudes acerca de la calidad de un forraje, pues permite evaluar la degradabilidad de diferentes especies de forrajes, variedades, partes de la planta y diferentes edades de corte; también determina el grado de aprovechamiento y desaparición de los alimentos en el rumen de los bovinos, permitiendo estimar la tasa de degradación ruminal de la materia seca, así como la calidad de todo material con contenido de fibra mayor al 20%. Todo esto con el fin de optimizar el uso de los materiales forrajeros en la producción animal, con este método tan sencillo de la degradabilidad ruminal.

Si la técnica permite determinar la edad óptima en la que se puede ofrecer un forraje en base a su composición química y biológica, se podrían elaborar dietas que cubran todas las necesidades nutricionales reales de los animales sin que exista excedente de algún compuesto que incurra en gastos no necesarios para el ganadero productor.

## 5. MATERIALES Y METODOS.

### 5.1 Generalidades

#### 5.1.1. Ubicación.

Esta investigación de degradabilidad ruminal “*in situ*” del pasto Estrella (*Cynodon nlemfuensis*), Pangola (*Digitaria decumbens*), Swazi (*Digitaria swazilandensis*) y Silo de sorgo (*Sorgo vulgaris*), se llevó a cabo en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador; utilizando dos animales como unidades experimentales, una vaca en sistema de pastoreo (*Bos indicus*); ubicada en el municipio de San Luis Talpa, Departamento de La Paz; así como otra unidad animal (*Bos taurus*), en el Rancho Olocuilta bajo un sistema de manejo estabulada, ubicado en el Municipio de Olocuilta, Departamento de La Paz.

#### 5.1.2. Período y Duración.

El período de incubación se dio inicio en el mes de Noviembre y finalizando en Diciembre del 2006. El estudio consistió en la evaluación de la degradabilidad ruminal de tres materiales forrajeros, a tres edades de corte diferentes y en dos sistemas de producción ganadera a través de la técnica *in situ* la cual se realizó en tres fases:

- Fase de campo.
- Fase posterior a la incubación.
- Fase de laboratorio.

##### 5.1.2.1. Fase de campo

Para llevar a cabo esta investigación se utilizaron 2 vacas (*Bos taurus* y *Bos indicus*) de aproximadamente 450 kg de peso vivo y una edad de 2 a 4 años; las cuales se les implementó una fístula ruminal en el saco dorsal del rumen con cánulas permanentes, ambas sometidas a diferentes sistemas de producción ganadera. Los ensayos se realizaron en duplicado para reducir los errores experimentales.

En ambas vacas se incubaron los 3 pastos: Pangola (*Digitaria decumbens*), Estrella (*Cynodon nlemfuensis*) y Swazi (*Digitaria swazilandensis*) a 3 edades de corte (21 días, 28 días y 35 días) y el Silo de sorgo (*Sorgo vulgaris*), los que se cosecharon según su edad de corte, embolsándolas y conduciéndolas al laboratorio, para poder darles un número correlativo de entrada para efectuar los análisis correspondientes; para luego secarlas en estufa de aire circulante durante 24h a 60° C, luego la muestra deshidratada parcialmente será molida y se procederá a realizar los análisis de humedad, ceniza, proteína, fibra neutro y ácido detergente, etc. Para ambos procedimientos serán 5 tiempos de incubación diferentes (12, 24, 36, 48 y 72 horas) dejando fuera el tratamiento testigo.

Dichos análisis se realizarán en el laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

- Recolección de muestras: Las muestras se cosecharon según la edad de corte establecida, la cual se delimitó por un área representativa que es de 0.25cm<sup>2</sup> dejando un aproximado de 1cm de separación del suelo para proceder a realizar el corte, luego estas se colocaron dentro de una bolsa de polietileno que se encontraban previamente identificadas con el nombre del pasto que contenía, el lugar de donde se tomó la muestra y el día que se realizó el corte; dentro de cada bolsa se colocaron aproximadamente 1 kilogramo de muestra de cada una de las especies forrajeras a evaluar y se transportaron en hieleras.



**Figura Nº 4** Área de recolección de muestra.



**Figura Nº 5** Traslado de muestras.

- Preparación de las muestras: Las muestras de forrajes ya en el laboratorio de Química Agrícola, estas se identificaron con un número correlativo para luego ser sometidas a un proceso de desecación, posteriormente molidas en un molino de cuchillas que posee una criba de aproximadamente 2 mm de diámetro.



**Figura Nº 6** Molido de muestra.

- Determinación de los tiempos ceros: Estos se calcularon en el laboratorio los cuales nos ayudaron para determinar que cantidad de la materia que forma parte de la muestra, es soluble en agua (la fracción soluble), lo cual se realizó en dos formas:

**Tiempo cero en papel filtro:**

Para la realización de este se siguieron los siguientes pasos:

❖ Preparación:

En esta etapa se pesó 1 gr de la muestra seca y molida la cual es colocada en un erlenmeyer de 125 ml previamente identificado.



**Figura Nº 7** Preparación de muestra. (Pesado)

❖ Remojo:

Se procedió a agregar 50 ml de agua destilada al erlenmeyer que contiene la muestra, teniendo el cuidado de que la muestra quede completamente sumergida en el agua y no se quede pegada a las paredes del erlenmeyer, agitándola durante 1 minuto. Dejándola después reposar por un lapso de 15 min.



**Figura Nº 8** Proceso de agitación de la muestra.

❖ Filtrado:

Una vez que hayan pasado los 15 min., se procede a filtrar la muestra con ayuda de un embudo a través del papel filtro previamente pesado en una balanza analítica e identificado, lavando el erlenmeyer que contiene la muestra con la cantidad de agua necesaria para que toda la muestra pase al papel filtro.



**Figura Nº 9** Filtración de la muestra en papel filtro.

❖ Secado del residuo:

Después que se filtró la muestra, se colocó el papel filtro en una bandeja de aluminio y se introdujo a una estufa que se encontraba a una temperatura de 60 °C por 24 horas o hasta que el peso sea constante, (dejando la muestra en un desecador por 15 min.) luego el papel filtro es pesado nuevamente anotando el peso obtenido.



Figura Nº 10 Secado del residuo.

❖ Resultados:

Estos resultados fueron expresados en base seca, el cual fue determinado realizando una diferencia de pesos.

**Tiempo cero en bolsa:**

Para la determinación de este tiempo cero se pesaron 2 gramos de la muestra a evaluar y posteriormente se colocaron en una bolsa de nylon previamente pesada, luego se lavó al mismo tiempo que se lavaban las muestras extraídas del rumen finalizando su tiempo de incubación y se colocaron en una estufa a 60°C por un periodo de 24 horas, seguidamente se colocó en desecador durante 15 minutos, después se pesaron y por diferencia de peso se determinó el tiempo cero en bolsa.

- Preparación de las bolsas de degradación: Aquí se realiza la primer revisión de cada una de las bolsas, para verificar que no existiera ninguna, con algún daño (se encontraran rotas o sucias); además de observarlas se lavaron y rotularon. Luego se procedió a colocarlas en una estufa a 60 °C durante 15 minutos hasta obtener un peso constante.

- Pesado de muestra: La muestra deshidratada y molida, se pesó en cajitas metálicas y se ordenaron según tipo de pasto y tiempo de incubación, pesándose aproximadamente 2 gramos de muestra en una balanza analítica.



**Figura Nº 11** Pesado de muestra.

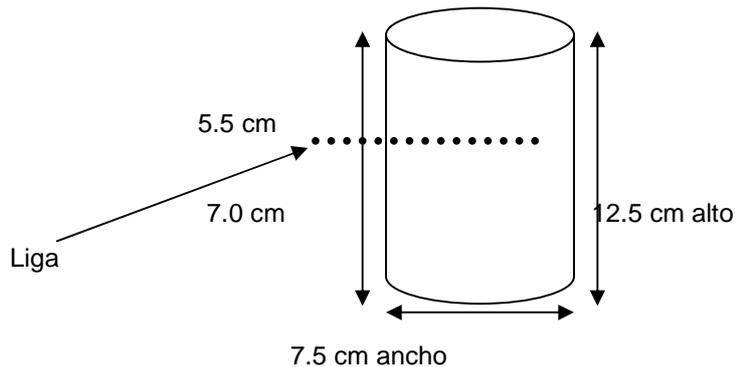
- Llenado de bolsas: Después de haber pesado la muestras en las cajitas se procedió a depositarlas en las bolsas de nylon por medio de un embudo, el cual nos facilitaba el paso de la muestra hasta el fondo de la bolsa.



**Figura Nº 12.** Llenado de bolsas de degradación.

Las bolsas se ordenaban conforme se habían pesado, pero antes de colocarlas en la bandeja se volvían a pesar y se anotaba el dato (peso de bolsa + muestra).

Posteriormente las bolsas se amarraban con una liga de hule a una altura de 7 cm de alto, pero para saber este dato (altura de amarre), se tubo que realizar el cálculo de la cantidad de muestra por área  $(M/A) = (\text{mg}/\text{cm}^2)$ ; como se muestra a continuación.



**Figura N° 13** Esquema del tamaño de la bolsa y zona de amarre.

Número de poros por cm<sup>2</sup>

Para determinar el N° de poros por centímetro cuadrado se procedió a medir las bolsas de degradación en un microscopio, para conocer el número de poros que se pueden encontrar en una superficie conocida, la cual era de aproximadamente de 0.25cm<sup>2</sup>, calculando un número promedio de 22 poros a lo largo y 20 poros a lo ancho del cual se puede deducir lo siguiente a través de las siguientes fórmulas:



**Figura N° 14** Marco de referencia para cálculo de poros.



**Figura N° 15** Vista microscópica de los poros de la bolsa de degradación.

$$0.5 \text{ cm} \times 0.5 \text{ cm} = \mathbf{0.25 \text{ cm}^2}$$
 área del cuadrado

N° de poros en 0.25cm<sup>2</sup>

$$22 \times 20 = 440 \times 2 \text{ (lados)} = \mathbf{880 \text{ poros en la bolsa}}$$

$$\begin{array}{r}
 440 \text{ poros por lado} \quad \frac{\quad}{\quad} \quad 0.25 \text{ cm}^2 \\
 X \quad \frac{\quad}{\quad} \quad 1 \text{ cm}^2
 \end{array}$$

$$X = 1,760 \text{ poros en } 1 \text{ cm}^2$$

Tamaño del poro ( $\mu^2$ )

$$\begin{aligned}
 \text{Tamaño del poros} &= \left[ 1 \times (\text{FC}^*) \right] \times \left[ 14 (\text{FC}^*) \right] \\
 &= \left[ 1 \times (14) \right] \times \left[ 14 (14) \right] \\
 &= 14 \times 196 \\
 &= \mathbf{2,744 \mu^2}
 \end{aligned}$$

$$\begin{array}{r}
 1,760 \text{ poros cm}^2 \times 2,744 \mu^2 = 4,829,440 \mu^2 \\
 1 \text{ cm}^2 \quad \frac{\quad}{\quad} \quad 100,000,000 \mu^2
 \end{array}$$

$$X \quad \frac{\quad}{\quad} \quad 4,829,440 \mu^2$$

$$X = \mathbf{0.0482944 \text{ cm}^2}$$

$$1 \text{ cm}^2 \quad \frac{\quad}{\quad} \quad 100\%$$

$$0.0482944 \text{ cm}^2 \quad \frac{\quad}{\quad} \quad X$$

**X = 4.83% de área de pasaje por poro de la bolsa.**

---

\* FC = Factor de Corrección del Micrómetro.

### Área de pasaje de la bolsa

Esta se refiere a la cantidad de muestra que habrá por  $\text{cm}^2$ , de la cual es necesario que se conozca la cantidad de muestra pesada y el área de la bolsa en  $\text{cm}^2$ , en la que se le consideró también la altura del amarre.

- Cantidad de muestra por área:

$$(M/A) = (\text{mg} / \text{cm}^2)$$

$$(M/A) = \frac{\text{Peso de muestra (mg)}}{\text{Área de la bolsa en cm}^2}$$

$$\text{Rango} = 10\text{-}20 \text{ mg de muestra} / \text{cm}^2$$

- Amarre:

Se consideró la cantidad de muestra por área para conocer la altura a la cual era necesario amarrar la bolsa, de lo cual se procedió de la siguiente forma (ver figura A-6):

$$7.0 \text{ cm alto} \times 7.5 \text{ cm ancho} \times 2 \text{ lados} = \mathbf{105 \text{ cm}^2}$$

$$(M/A) = \frac{\text{Peso de muestra (mg)}}{\text{Área de la bolsa en cm}^2}$$

$$(M/A) = \frac{2000 \text{ mg}}{105 \text{ cm}^2} = \mathbf{19.05 \text{ cm}^2}$$



**Figura Nº 16** Bolsas listas para ser incubadas.

➤ Incubación de muestras:

Para esta etapa las bolsas preparadas (pesadas, amarradas con ligas y clasificadas según sus tiempos de incubación) fueron humedecidas (hidratadas) en una cubeta con agua a temperatura ambiente; para luego ser colocadas en el interior del rumen en una bolsa elaborada de malla de corsetería con una medida aproximada de 25 x 35cm con poros amplios para permitir el paso del líquido ruminal, la bolsa debe ser atada y anclada al exterior de la cánula para facilitar la introducción de posteriores muestras.



**Figura Nº 17** Hidratación de las muestras. **Figura Nº 18** Bolsas incubándose dentro del rumen.

Las bolsas se incubaron en orden inverso a su tiempo de incubación, es decir se introdujeron primero las bolsas con tiempo de incubación de 72 horas y posteriormente las demás bolsas con los tiempos menores, con el fin de retirar al mismo tiempo todas las bolsas del rumen al finalizar el periodo de 72 horas y así se repitió el proceso durante 4 semanas.

La dinámica de incubación se muestra en el cuadro siguiente:

**Tabla 1.** Dinámica de incubación de muestras.

	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 6
8: AM	Introducción bolsas 72 horas	Introducción bolsas 48 horas	Introducción bolsas 24 horas	Retiro de bolsas. Traslado a laboratorio. Lavado y secado	Pesado de bolsas
8: PM		Introducción bolsas 36 horas	Introducción bolsas 12 horas		

### 5.1.2.2. Fase posterior a la incubación.

- Retirado de la muestra: Al momento de finalizar los tiempos de incubación establecidos las bolsas fueron extraídas del rumen del animal y sumergidas en agua para poder detener el proceso de fermentación y así eliminar las posibles impurezas adheridas a las bolsas; para así, ser transportadas hacia el laboratorio y continuar con el lavado.
- Lavado de la muestra: Las bolsas después de pasar por el proceso de incubación fueron llevadas al Laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Agronomía; donde las muestras, son lavadas a mano con abundante agua durante un aproximado de 1 hora o hasta que el agua que salía al exprimir la bolsa con las muestras sea transparente, la cual se podía comprobar colocando el agua que sale en un beaker. Cada una de las bolsas se lavaron de forma individual, retirándoles las ligas y así dejar que el agua lleve la muestra hacia el fondo de la bolsa. Luego de ser lavada se les quita el exceso de agua.



**Figura N° 19** Prueba del lavado correcto de las muestras.

- Etapas de laboratorio: La muestra ya lavada fue colocada sobre una bandeja, para luego dejarlas en una estufa a 60°C durante 48 a 72 hrs. aproximadamente hasta obtener un peso constante. Posteriormente, se pesaron en una balanza electrónica a la cual se le colocó un beaker antes de pesar la muestra para facilitar su colocación.

Luego de lo explicado anteriormente las muestras fueron colocadas en bolsas plásticas para practicarle seguidamente el análisis de ceniza a todas estas muestras ya que esto nos ayuda a obtener la materia orgánica residual.

Además por cada una de las muestras incubadas se le calculó su tiempo cero (0) conocida como: fracción soluble, ya que Rosado Cintya, 2000; manifiesta que en algunos alimentos, una porción de material insoluble en agua puede escapar por los poros de la bolsa y ser considerados como degradado aunque el material solo se halla perdido como partículas pequeñas.

### **5.1.2.3: Fase de laboratorio**

Las muestras recién colectadas del campo fueron conducidas a las instalaciones del Laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas, para sus análisis correspondientes. A cada muestra se le realizó un análisis proximal y de Van Soest, según los procedimientos de la AOAC<sup>2</sup>. Los análisis se harán por duplicado antes y después de la incubación de las muestras.

Los análisis que se les realizaron a las muestras fueron:

- **Análisis proximal.**

Este es un sistema de métodos químicos que permiten determinar aproximadamente el valor nutritivo de un ingrediente, o materia prima susceptible de ser utilizada como alimento, el cual se basa en la separación de los diferentes componentes en grupos acordes con su valor alimenticio. (Quijano, Rosado y Gutiérrez, 2000).

---

<sup>2</sup> A. O. A. C.: Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists.

Del análisis proximal para nuestro estudio se utilizaron las siguientes pruebas:

- 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 fecha e identificación de la muestra, además se anotaron el peso de bolsa vacía y el peso de la bolsa con muestra. Luego se colocaron en estufa de aire caliente circulante durante 24 horas a una temperatura de 60 a 70°C; posteriormente, se sacaron las muestras y se colocaron en un desecador hasta llevar a temperatura ambiente la muestra deshidratada, luego se pesaron obteniendo así el valor de peso de bolsa mas muestra seca. Para conocer el peso de la muestra se hizo por diferencia de peso de bolsa vacía y peso de bolsa mas muestra; la pérdida de humedad resulta de restar el peso de bolsa mas muestra húmeda menos el peso de bolsa más muestra seca.

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



**Figura Nº 20** Preparación de la muestra



**Figura Nº 21** Estufa con muestra a secarse.

- Humedad total.

El cálculo de humedad total se realizó de la siguiente manera, se colocaron las cajas en una estufa de aire circulante a una temperatura de 100°C por un periodo de dos horas, luego se introdujeron en un desecador durante 30 minutos, después se pesaron en balanza analítica obteniendo así el peso de caja vacía, en la misma caja se pesaron 2 g de muestra; esto correspondió al peso de caja mas muestra antes de

secar. Luego estas se colocaron destapadas en la estufa de vacío durante cinco horas a una temperatura de 105°C, pasado este tiempo se sacaron y se colocaron en un desecador durante 30 minutos, posteriormente se peso obteniendo así el valor de la caja mas muestra después de secar.



**Figura Nº 22** Muestras en estufa de aire circulante

Para calcular la perdida de peso se hace por diferencia entre peso de caja más muestra antes de secar menos el peso de caja mas muestra después de secar. Así mismo se calcula el peso de muestra por medio de diferencia de peso de caja mas muestra después de secar menos el peso de caja más muestra antes de secar (caja mas muestra húmeda). El porcentaje de humedad total resulta de la división de perdida de peso entre peso de la muestra multiplicado por cien.

- Cenizas

La determinación de cenizas se hizo de la siguiente manera; primero se colocaron los crisoles previamente identificados 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 30 minutos, pasado este tiempo se pesaron los crisoles anotando este peso el cual corresponde a el peso de crisol vacío.

Luego se pesaron aproximadamente 2 g. de muestra, esté valor corresponde al peso del crisol mas muestra; seguido se coloco esté en el horno de mufla a una temperatura de 550°C durante un período de una hora o más, pasado el tiempo

retiramos el crisol y lo colocamos en un desecador durante 20 minutos 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.

- Proteína

Este análisis consta de 3 pasos los cuales son:

Digestión: La determinación de proteína se realizó de la siguiente forma, se peso 0.1g de muestra en papel filtro la cual se coloco en un balón de microkjeldahl de 100ml, al cual se agrego 1.5 g de sulfato de potasio ( $K_2SO_4$ ) y 0.1 g 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 (transparente).

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

Se pusieron los balones a destilar hasta que diera un viraje de color de la solución contenida en el erlenmeyer el cual iba de azul intenso a verde claro, o haciéndolo llegar a un volumen de 50ml de solución destilada.

Valoración: El material que se obtuvo a través de la destilación, se valoró con ácido clorhídrico (HCl) al 0.1046 N, hasta observar nuevamente un cambio de color (de verde claro a azul intenso) lo cual indica el punto final de la valoración.

- **Análisis de Van Soest:**

- 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 g a 1 g de muestra seca y molida a analizar; la cual, se colocó en un beaker tipo Berzellius y posteriormente se le agregó 50 ml de solución neutro detergente, y se llevó a ebullición durante una hora, periodo en el cual se continuó agregando solución neutro detergente, haciendo uso de una pizeta, para lavar las partículas que se adherían 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 colocaba 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, 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 colocó en una estufa de vacío a una temperatura de 100°C durante 1 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 Neutro Detergente.



**Figura Nº 23** Equipo para determinar la Fibra Neutro y Ácido Detergente.

- 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 g a 1 g de la muestra seca y molida 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 bajando la temperatura para evitar la formación de espuma, 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 hasta un volumen de 100 ml.

Al finalizar 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 previamente pesado 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 100°C durante 1 hora para secar la

muestra seguidamente se colocaron los crisoles que contenían la muestra en un desecador durante 30 minutos a una hora y luego se peso obteniendo de esta manera el peso del crisol mas muestra seca para su posterior uso en el calculo del porcentaje de Fibra Ácido Detergente el cual se obtiene restando el peso del crisol con muestra con el peso de crisol vacío y esto entre el peso de la muestra todo multiplicado por cien.

## 5.2 Metodología estadística

### 5.2.1 Variables en estudio

a) Variable dependiente:

- Degradabilidad de la materia orgánica.
- Degradabilidad de materia orgánica residual.
- Degradabilidad de la materia seca.

b) Variable independiente:

- Sistemas de producción (2 animales 1 de cada sistema).
- Variedades de forrajes (Pasto Estrella, Pangola, Swazi y Silo de sorgo).
- Edad de corte del pasto.

### 5.2.2 Diseño estadístico.

Para la obtención de las muestras de los pastos estas se tomaron de diferentes parcelas las cuales estaban divididas de la siguiente manera:

<b>VARIEDAD</b>			
<b>E<sub>1</sub></b>	<b>PASTO ESTRELLA</b>	<b>PASTO SWAZI</b>	<b>PASTO PANGOLA</b>
<b>E<sub>2</sub></b>	<b>PASTO PANGOLA</b>	<b>PASTO ESTRELLA</b>	<b>PASTO SWAZI</b>
<b>E<sub>3</sub></b>	<b>PASTO SWAZI</b>	<b>PASTO PANGOLA</b>	<b>PASTO ESTRELLA</b>

Cada una de las parcelas tenían 1m<sup>2</sup> (1 m x 1 m), la cual poseía una porción de separación, que era la calle la cual medía 50 cm.

La información fue analizada por medio de una regresión lineal simple para determinar el comportamiento de la degradabilidad de los forrajes a través de graficas que describían dicha cinética de desaparición del sustrato.

Los valores obtenidos en esta investigación para determinar el porcentaje de desaparición de la materia seca (M.S) en el rumen hasta las 72 hrs. fueron analizadas y corregidas en el programa estadístico NOWAY (Rowett Research Institute Aberdeen Scotland); propuesta por Orskov en 1980, la cual se basa en la determinación de una ecuación exponencial, para sí poder obtener las constantes de degradación ruminal “a” , “b” y “c”, las cuales nos ayudarán 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.

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

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 degradación).

c = 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.

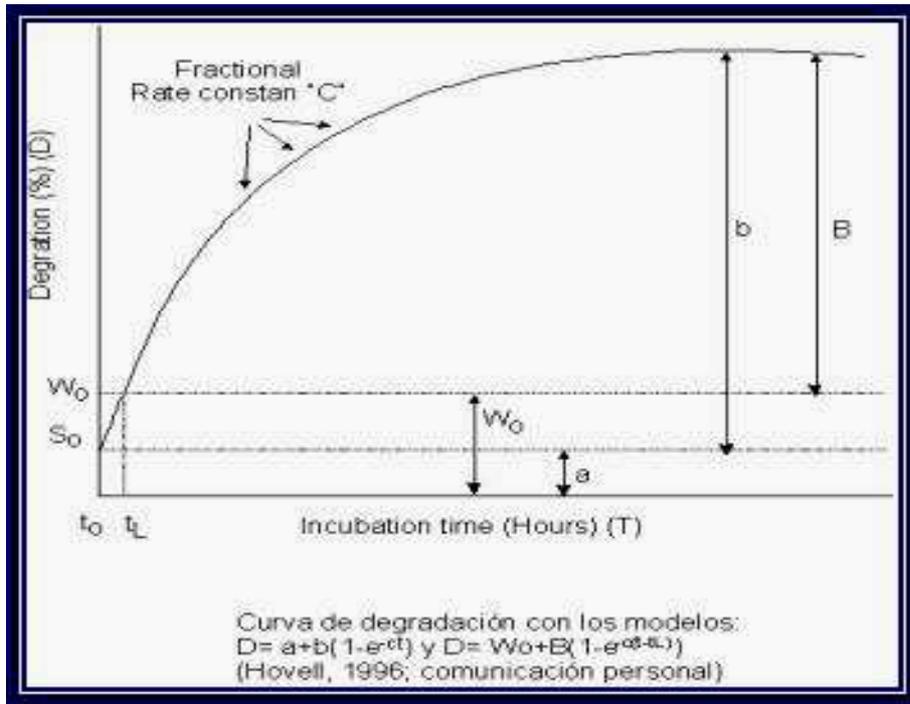


Figura Nº 24. Curva de degradabilidad ruminal.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Tabla N° 2.** Cuadro resumen de los análisis químicos realizados a los pastos y el sorgo en estudio.

Descripción	Materia seca parcial	Materia seca Total	Cenizas	Extracto Etéreo (EE)	FAD	FND	Proteína
Pasto Estrella (E1)	76.60	4.28	12.16	2.185	34.61	74.40	18.24
Pasto Estrella (E2)	74.945	2.805	12.195	2.375	39.335	76.215	13.09
Pasto Estrella (E3)	76.20	1.10	11.835	2.115	40.025	74.655	13.67
<b>Promedios</b>	<b>75.92</b>	<b>2.73</b>	<b>12.06</b>	<b>2.23</b>	<b>37.99</b>	<b>75.09</b>	<b>15.00</b>
Pasto Swazi (E1)	80.03	3.94	11.91	2.295	40.025	70.745	13.00
Pasto Swazi (E2)	79.65	3.39	11.86	2.045	39.155	71.47	14.07
Pasto Swazi (E3)	80.09	4.27	11.165	2.055	40.72	70.31	11.48
<b>Promedios</b>	<b>79.92</b>	<b>3.87</b>	<b>11.65</b>	<b>2.13</b>	<b>39.97</b>	<b>70.84</b>	<b>12.85</b>
Pasto Pangola (E1)	83.065	4.27	13.18	2.56	36.125	66.37	21.11
Pasto Pangola (E2)	75.145	3.00	11.97	2.40	38.32	67.51	10.00
Pasto Pangola (E3)	77.41	4.105	12.03	2.405	38.08	67.665	10.41
<b>Promedios</b>	<b>78.54</b>	<b>3.79</b>	<b>12.39</b>	<b>2.46</b>	<b>37.51</b>	<b>67.18</b>	<b>13.84</b>
Sorgo	83.30	5.00	9.37	1.62	49.29	74.09	5.31

La tabla anterior nos indica los resultados promedios obtenidos de los análisis químicos realizados a los tres pastos en tres edades de corte diferentes; obteniéndose para este estudio un promedio de humedad parcial para el pasto pangola de 78.54% obteniéndose una diferencia mayor, pero no significativamente superior, del 3% del contenido de humedad en nuestro estudio, a lo reportado por la Universidad de Costa Rica (2002), el cual arrojó en sus análisis químicos un promedio de humedad parcial de 75%.

Por otro lado los pastos estrella, swazi y pangola a sus 28 días de corte (Edad 2) presentan un valor bastante bajo de humedad parcial, indicando que estos poseen un elevado contenido de nutrientes que podrían ser aprovechados por el animal

cuando son consumidos como pasto fresco. Takano (2004) indica que 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 compartimientos estomacales.

El ensilaje de sorgo que se utilizó tanto en la Estación Experimental y de Prácticas (EEP) como en la hacienda de Olocuilta presento por medio del análisis químico un 83.30% de humedad parcial, indicando la presencia de abundante agua y de fibra.

En términos generales, se encontró que los contenidos de materia seca de los forrajes no varían significativamente entre las tres edades de corte estudiadas, mostrando una mayor succulencia el pasto Swazilandés por un contenido de agua ligeramente superior.

Estudios similares realizados en climas tropicales por (Flores Menéndez, 1983) reportan que el contenido de cenizas en el pasto Swazi es de 9.54% y para el pasto Pangola fue de 3.2%; en cambio nuestro estudio arrojó un promedio del pasto Swazi entre las tres edades de 11.65% y del pasto Pangola es de 12.39%, siendo mayores en 2.11% y 9.19%. Debe señalarse que el contenido de minerales varía según las partes de la planta muestreadas e incluso la altura de corte le influye, sin embargo el factor que más induce los contenidos minerales es la concentración de los mismos que tenga el suelo, el cual debemos mencionar no fue analizado previa realización de este estudio.

Los lípidos de la dieta de rumiantes provienen principalmente de ácidos Grasos insaturados en los galactolípidos del forraje y de triglicéridos contenidos en los granos que consumen. La Universidad de Costa Rica (2002) reporta un valor de Extracto Etéreo en el pasto Pangola de 0.4% y del pasto Estrella fue de 1.72% y en nuestro estudio los valores que se obtuvieron fueron de 2.46% para el caso del pasto Pangola y de 3% para el pasto Estrella. A pesar que los lípidos son las moléculas orgánicas que mayor fuente de energía constituyen, su aporte en el caso de los forrajes es despreciable debido a la mínima cantidad que constituyen, pues además la fracción de Extracto etéreo también incluye pigmentos, vitaminas liposolubles, carotenos entre otros. (Angeles Campos, S. C. 2002). Sin embargo debe dejarse

claro que estos pastos pueden proporcionarle al animal ácidos grasos esenciales como fuente de energía secundaria.

Como es de esperarse el valor de la Proteína cruda de los forrajes es inversamente proporcional a la edad de los mismos, marcada tendencia que se confirmó en este experimento. En cuanto a los valores promedio de esta variable se comparan los resultados con los datos obtenidos por el estudio realizado en la universidad de Costa Rica en 2002: en el pasto Pangola fue de 12.0%, en el Swazi es de 12.07% y para el pasto Estrella fue de 14.22%, pero en el caso de nuestro estudio los datos obtenidos en estos análisis para el pasto Pangola 13.84%, en Swazi 12.85% y para el pasto Estrella 15% demostrando que las variaciones entre lo reportado en otros estudios con lo obtenido en nuestro ensayo es mínima.

Al observar los niveles de proteína por edad de corte se puede observar una disminución de sus porcentajes que coinciden con lo reportado por Velásquez, L.M. (2002) quien señala que al aumentar el intervalo entre los cortes disminuye el contenido de proteína, mientras que la materia seca aumenta.

Según el análisis bromatológico que se realizó para nuestra investigación el mejor pasto que podría aprovecharse más por el animal es el pasto Pangola a sus 21 días de corte (E1) por presentar un alto contenido de minerales y su baja cantidad de Fibra Neutra Detergente (FND) equivalente a 66.37%; por otro lado el pasto Estrella a sus 28 días de corte (E2) y el pasto Swazi a sus 21 días de corte (E1) se recomiendan por sus altos contenidos de minerales, pero al analizar su contenido de FND nos indica que se encuentra entre los valores más altos (76.22% y 71.47% de FND respectivamente) y por ello le será difícil al animal su digestión y su total utilización.

No es un secreto que los forrajes en zonas tropicales contienen elevados niveles de FND, sin embargo se espera que los animales sean alimentados con forrajes no mayores del 60% en concentración de esta fracción constituida por Celulosa, Hemicelulosa y lignina. Como se muestra en la tabla N° 2 ninguno de los forrajes estudiados se encuentra por debajo de aquél deseado valor. Lo que es menos alentador aún es la gran diferencia entre la FND y la FAD (Celulosa + Lignina) pues

esa gradiente en el valor significa el porcentaje de Hemicelulosa, un polisacárido aún menos aprovechable que la celulosa misma por los rumiantes. Se esperaría un valor cercano al 25% de este carbohidrato para etiquetar con buena calidad al forraje estudiado. Los contenidos altos de FND también reducen el consumo voluntario por parte del animal, lo que trae las repercusiones ya mencionadas.

Los forrajes pueden contener de 30 hasta 90% de fibra (FND). En general entre mas alto el contenido de fibra, mas bajo es el contenido de energía del forraje. De la fibra de los forrajes, las vacas requieren tanto un mínimo como un máximo de fibra (Zavala, 2005).

Idealmente los forrajes de alta calidad deberían constituir un 100% de la dieta, sin embargo en nuestro medio se toma como bueno que los forrajes signifiquen dos terceras partes de la materia seca en la ración de las vacas, que podrían comer del 2.5 al 3% de su peso corporal como materia seca (ejemplo, una vaca de 600 kg puede comer de 15 a 18 kg de materia seca de un forraje de buena calidad). Las vacas comen más de una leguminosa que un pasto en la misma etapa de madurez. Sin embargo, forrajes de buena calidad, alimentados en raciones balanceadas, suministran mucho de la proteína y energía necesarias para la producción de leche (Tocci, 2003; citado por Zavala, 2005).

Las mediciones de la degradabilidad ruminal para los diferentes tiempos de incubación de 12 a 72 horas, fueron seleccionadas para poder describir la ecuación exponencial  $y = a + b (1 - e^{-ct})$ ; donde **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; **c** = indica la tasa a la que **b** es degradada por hora. **(a+b)** = degradabilidad potencial. **A<sup>0</sup>** = es la fracción soluble determinada en laboratorio, conocida como *tiempo cero*. **Der** = degradabilidad efectiva ruminal a una tasa de flujo de 3% y **B** = es la fracción realmente fermentable que no es soluble.

**Tabla N° 3.** Degradabilidad promedio de la Materia Orgánica del pasto estrella y el sorgo de acuerdo a los tiempos de incubación y el programa estadístico NOWAY (%) realizados en la EEP y en la Hacienda Olocuilta.

TIEMPOS	EEP (Bolsa de Nylon)				OLOCUILTA (Bolsa de Nylon)			
	ESTR E1 (21d)	ESTR E2 (28d)	ESTR E3 (35d)	SORGO	ESTR E1 (21d)	ESTR E2 (28d)	ESTR E3 (35d)	SORGO
12	45.55	40.08	35.56	39.01	36.27	29.45	29.61	36.79
24	64.46	58.49	50.34	50.85	55.29	47.89	46.09	54.50
36	63.67	60.01	52.26	63.30	63.25	55.90	52.67	58.28
48	70.89	65.05	59.04	68.61	66.69	56.75	55.68	66.70
72	72.34	68.39	62.57	73.76	70.53	61.63	60.47	72.72
<b>NOWAY</b>								
A	4.28	3.06	15,25	16.17	-3.39	-12.52	-0.79	14.61
B	67.15	64.36	48,52	62.70	74.18	73.57	61.47	61.34
(a+b)	71.43	67.42	63,77	78.87	70.79	61.05	60.68	75.95
A°	26.68	24.43	21.58	25.4	26.68	24.43	21.58	25.40
B=(a+b)-A°	44.75	42.99	42.19	53.47	44.75	42.99	42.19	53.47
C	8.10	7.28	4.69	3.65	6.40	7.07	5.75	3.90
DER 3%	53.28	48.63	44.85	50.58	47.12	39.14	39.61	49.27

- Datos obtenidos utilizando el Programa estadístico NOWAY.

Los resultados de la degradabilidad ruminal del pasto estrella a sus tres edades de corte y el sorgo incubados en la Hacienda Olocuilta y la EEP a través de la técnica de la bolsa de nylon, muestran que el mayor porcentaje de degradabilidad potencial **(a+b)** de la materia orgánica (MO) obtenida con el programa NOWAY lo presenta el sorgo incubado en la EEP con un valor de 78.87% de desaparición del material evaluado, el cual se puede obtener a las 72 horas de incubación con un valor de 73.76% de degradación; además en la Hacienda Olocuilta el sorgo también presenta el valor mas elevado de degradabilidad potencial **(a+b)** con 75.95%. Otro material evaluado que presenta valores elevados de degradabilidad potencial es el pasto

estrella a los 21 días de corte (E1), con un valor de 71.43% obtenido de la unidad de estudio ubicada en la EEP y 70.79% obtenido en la unidad experimental ubicado en la Hacienda Olocuilta; mostrando así que se pueden obtener estos valores mencionados a un tiempo de incubación de 72 horas.

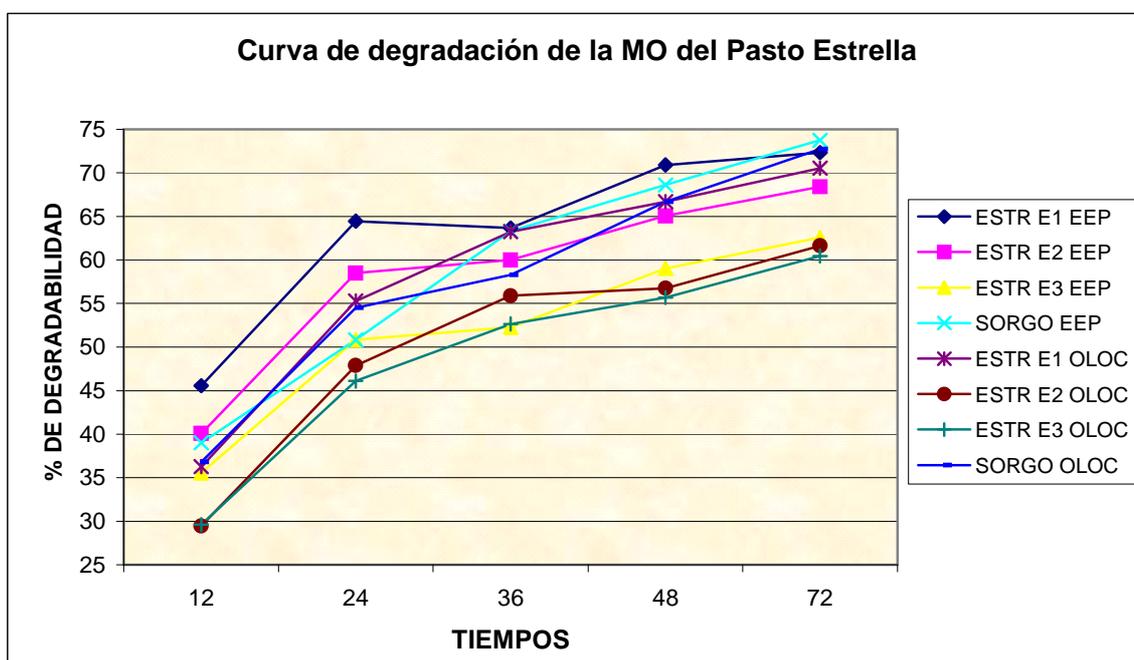
Al relacionar los resultados obtenidos mediante los análisis de laboratorio con los obtenidos a través del programa estadístico NOWAY; se observa que el promedio de degradabilidad efectiva ruminal a una tasa de flujo del 3% de degradación (Der 3%) para el pasto estrella incubado en la EEP, presenta un valor de 53.28% en su edad 1 (21 días de corte); lo cual indica que este valor de degradabilidad efectiva ruminal (Der) se puede lograr en un tiempo de incubación de 24-36 hrs., ya que en este periodo de incubación el valor es de 63.67%; el cual es muy similar a lo obtenido en el animal de la Hacienda Olocuilta (63.25%); estos valores son el inmediato superior al valor de degradabilidad efectiva obtenido a través del programa estadístico NOWAY (53.28% y 47.12% respectivamente).

La incubación del Sorgo en la EEP presenta un valor de 50.58% de degradabilidad efectiva ruminal (Der) a una tasa de flujo de 3%, esto nos indica que este valor de desaparición del sustrato se logra a partir de las 24 horas de incubación, el cual es un valor casi exacto al obtenido a través del programa estadístico NOWAY (50.58%). Por otro lado se demuestra que es casi similar al de Hacienda Olocuilta, donde el Sorgo presenta un valor de 49.27% de degradación; lo que nos indica que la Der se logra a las 24 horas de incubación con un valor de 54.50%. El pasto estrella incubado en la Hacienda Olocuilta presenta un valor de 47.12% de degradabilidad efectiva ruminal en la edad 1 (21 días de corte), lográndose esto a las 24 horas de incubación; ya que en este periodo el valor obtenido es de 55.29% de degradación, el cual es un valor superior al valor de degradabilidad efectiva ruminal obtenido a través del programa estadístico NOWAY.

Por la naturaleza de cada uno de los pastos evaluados podemos observar que los porcentajes más altos en Materia orgánica se obtienen en el Sorgo tanto en la EEP como en la Hacienda Olocuilta; el otro valor elevado es el Pasto estrella.

Estos resultados de degradación indican que el sorgo será mejor aprovechado por el animal si se suministra en la dieta, observándose que el uso de diferentes razas y manejo no afecta el resultado obtenido a través de esta técnica.

**Figura N° 25.** Degradabilidad ruminal de la Materia orgánica del Pasto Estrella y el Sorgo según los tiempos de incubación realizados en la EEP y la Hacienda olocuilta.



Para una mejor visualización del comportamiento de la degradabilidad de la materia orgánica (M.O.) del pasto estrella y el sorgo incubados en la EEP y la Hacienda olocuilta, se presenta en la figura anterior las curvas de degradabilidad, las cuales nos muestran que prácticamente existe una tendencia similar entre ellos; pero la curva que presenta el mejor comportamiento de material evaluado; lo presenta el sorgo incubado en la EEP ya que se mantuvo en un aumento constante durante casi todo el periodo de incubación, lo que indica que este presenta un mejor porcentaje de degradación ruminal de materia orgánica.

Por otro lado, se presentan los materiales en estudio que presentaron un comportamiento homogéneo en la tasa de desaparición del sustrato con respecto al tiempo **(b)** lo presenta el pasto estrella a sus 21 días de corte (E1) incubado en la Hacienda Olocuilta que muestran un comportamiento similar.

Esto nos indica que el Sorgo incubado en la EEP tuvo mejores valores de degradación.

**Tabla Nº 4.** Degradabilidad promedio de la Materia Orgánica del pasto swazi y el sorgo de acuerdo a los tiempos de incubación y el programa estadístico NOWAY (%) realizados en la EEP y en la Hacienda Olocuilta.

TIEMPOS	EEP (Bolsa de Nylon)				OLOCUILTA (Bolsa de Nylon)			
	SWAZI E1 (21d)	SWAZI E2 (28d)	SWAZI E3 (35d)	SORGO	SWAZI E1 (21d)	SWAZI E2 (28d)	SWAZI E3 (35d)	SORGO
12	45.54	43.38	43.67	39.01	31.11	35.05	34.85	36.79
24	60.92	59.87	62.51	50.85	53.90	55.80	55.44	54.50
36	60.97	58.56	60.35	63.30	58.89	60.21	57.18	58.28
48	67.78	67.21	67.73	68.61	65.85	64.63	63.98	66.70
72	72.32	70.14	70.92	73.76	68.85	68.88	68.02	72.72
<b>NOWAY</b>								
A	27.33	22.29	10.65	16.17	-160.62	-7.29	-0.74	14.61
B	45.95	48.44	58.97	62.70	242.77	75.44	68.25	61.34
(a+b)	73.28	70.73	69.62	78.87	82.15	68.15	67.50	75.95
A°	27.35	34.50	22.63	25.4	27.35	34.50	22.63	25.40
B=(a+b)-A°	45.93	36.23	46.99	53.47	45.93	36.23	46.99	50.55
C	4.48	5.03	7.08	3.65	12.72	6.97	6.31	3.90
DER 3%	54.85	52.64	52.07	50.58	35.81	45.44	45.52	49.27

Los resultados de la degradabilidad ruminal del pasto swazi a sus tres edades de corte y el sorgo incubados en la Hacienda Olocuilta y la EEP a través de la técnica de la bolsa de Nylon, muestran que el mayor porcentaje de degradabilidad potencial **(a+b)** de la materia orgánica **(MO)** obtenida con el programa NOWAY lo presenta el

sorgo incubado en la EEP con un valor de 78.87%, el cual se puede obtener a las 72 horas de incubación con un valor de 73.76% de desaparición del sustrato en estudio; además en la Hacienda Olocuilta el sorgo también presenta el valor mas elevado de degradabilidad potencial **(a+b)** con 75.95% lográndose al mismo tiempo de incubación con un valor de 72.72% observándose que es mejor el % de desaparición del sustrato evaluado entre estos 2 sistemas de producción. Otro material evaluado que presenta valores elevados de degradabilidad potencial es el Pasto Swazi a los 21 días de corte (E1) con un valor de 73.28% obtenido en la unidad experimental ubicada en la EEP y 82.15% obtenido en la unidad experimental ubicado en la Hacienda Olocuilta; mostrando así que se pueden obtener estos valores mencionados a un tiempo de incubación de 72 horas ya que en la EEP el valor es de 72.32% y en la Hacienda Olocuilta de 68.85% observándose que a pesar de tener una degradabilidad potencial mayor en la Hacienda Olocuilta; se obtiene un % de degradabilidad en bolsa mucho menor comparado a la unidad experimental ubicada en Olocuilta.

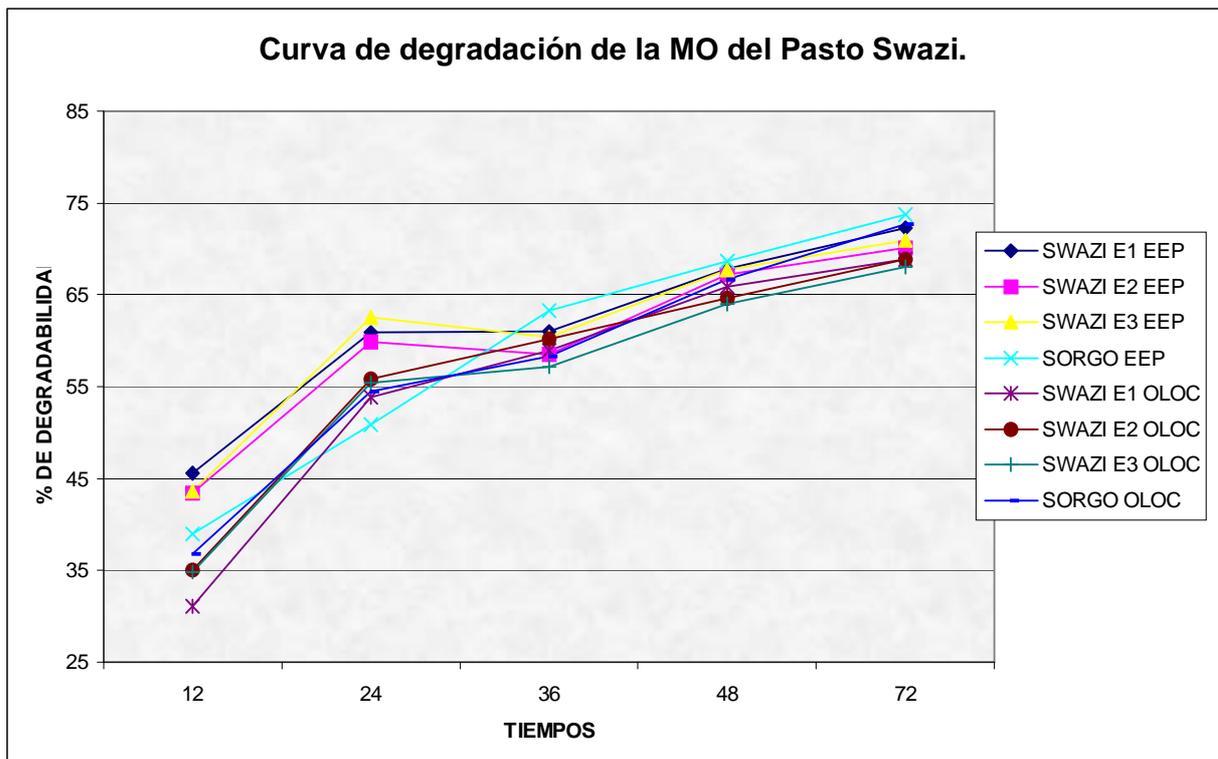
Al relacionar los datos obtenidos mediante los análisis de laboratorio con los presentados a través del programa estadístico NOWAY, se observa que el promedio de degradabilidad efectiva ruminal a una tasa de flujo del 3% (Der 3%, el pasto swazi incubado en la EEP presenta un valor de 54.85% de degradación en su edad 1 (21 días de corte); lo cual indica que este valor de degradabilidad efectiva ruminal (Der) se puede lograr en un tiempo de incubación de 24 horas a la misma edad de corte ya que en este periodo de incubación el valor es de 60.92% y el resultado obtenido en la Hacienda Olocuilta es de 45.52% de degradación en su edad 3 (35 días de corte) lo cual este se logra a un tiempo de incubación de 24 horas con un valor de 55.44% de degradación según bolsa de nylon; siendo estos valores los superiores a los de degradabilidad efectiva ruminal obtenido a través del programa estadístico NOWAY.

La incubación del Sorgo en la EEP presenta un valor de 50.58% de degradabilidad efectiva ruminal (Der) a una tasa de flujo de 3%, esto nos indica que este valor se logra a las 24 horas de incubación presentando un valor de 50.85%, siendo casi

similar en la Hacienda Olocuilta presentando un valor de 49.27% lo que nos indica que la Der se logra con un valor de 54.50%, el cual es un valor casi exacto al obtenido a través del programa estadístico NOWAY.

Por la naturaleza de cada uno de los pastos evaluados podemos observar que los porcentajes mas altos en Materia orgánica se obtienen en el Sorgo tanto en la EEP como en la Hacienda Olocuilta; el otro valor elevado es el Pasto estrella.

**Figura N° 26** Degradabilidad ruminal de la Materia orgánica del Pasto Swazi y el Sorgo según los tiempos de incubación realizados en la EEP y la Hacienda Olocuilta.



Para tener una mejor visualización del comportamiento de la degradabilidad de la materia orgánica del pasto swazi y el sorgo incubados en la EEP y la Hacienda Olocuilta, se presenta en la figura anterior las curvas de degradabilidad, las cuales

nos muestran que prácticamente existe una tendencia similar entre ellos; pero la curva que presenta el mejor comportamiento de material evaluado; lo presenta el sorgo incubado en la EEP y en la hacienda Olocuilta ya que se mantuvo en aumento constante durante casi todo el periodo de incubación, lo que indica que este presenta un mejor porcentaje de degradación ruminal de materia orgánica.

Por otro lado, se presentan los materiales en estudio que presentaron un comportamiento homogéneo en la tasa de desaparición del sustrato con respecto al tiempo **(b)**, lo presenta el pasto swazi a sus 35 días de corte (E3) incubado en la EEP. Esto nos indica que el Sorgo incubado en la EEP tuvo mejores valores de degradación.

**Tabla Nº 5** Degradabilidad promedio de la Materia Orgánica del pasto pangola y el sorgo de acuerdo a los tiempos de incubación y el programa estadístico NOWAY (%) realizados en la EEP y en la Hacienda Olocuilta.

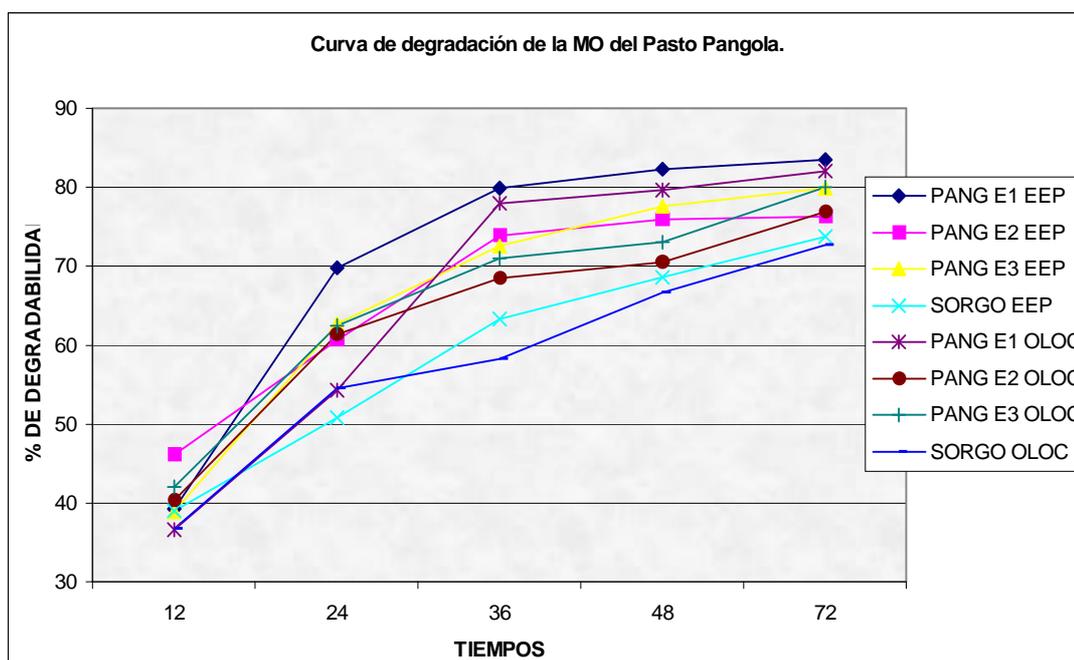
TIEMPOS	EEP (Bolsa de Nylon)				OLOCUILTA (Bolsa de Nylon)			
	PANG E1 (21d)	PANG E2 (28 d)	PANG E3 (35d)	SORGO	PANG E1 (21d)	PANG E2 (28d)	PANG E3 (35d)	SORGO
12	39,24	46,08	38,92	39.01	36,65	40,29	42,03	36.79
24	69,77	60,71	62,7	50.85	54,27	61,34	62,48	54.50
36	79,88	73,9	72,52	63.30	78,02	68,47	71,04	58.28
48	82,36	75,91	77,67	68.61	79,7	70,58	73,04	66.70
72	83,45	76,31	79,91	73.76	82,04	76,84	79,96	72.72
<b>NOWAY</b>								
A	-28,36	-41,31	-36,08	16.17	-12,29	-2,49	3,06	14.61
B	108,53	116,01	113,99	62.70	98,24	78,45	76,57	61.34
(a+b)	80,18	74,71	77,92	78.87	85,95	75,96	79,63	75.95
A°	35.83	32.7	24.6	25.4	35.83	32.7	24.6	25.40
B=(a+b)-A°	44.35	42.01	53.32	53.47	50.12	43.26	55.03	50.55
C	8,6	9,63	8,08	3.65	5,52	6,65	6.0	3.90
DER 3%	52,12	47,15	47,04	50.58	51,35	51,57	54,1	49.27

Los datos que arrojó la degradabilidad ruminal del pasto pangola a sus tres edades de corte; como el sorgo incubados en la Hacienda Olocuilta y la EEP a través de la técnica de la bolsa de nylon muestran, que el mayor porcentaje de degradabilidad potencial **(a+b)** de la materia orgánica **(MO)** obtenida con el programa NOWAY lo presenta el pasto pangola incubado en la EEP con un valor de 80.18% de desaparición del material evaluado, este se puede obtener a las 48 horas de incubación con un valor de 82.36% de degradación (E1); además el sorgo presenta un valor de degradabilidad potencial de 78.87% lográndose este valor a un tiempo de incubación de 72 horas (72.36%). Otro material evaluado muestra que uno de los valores mas altos de degradabilidad potencial **(a+b)** lo presenta el pasto pangola a los 21 días de corte (E1) con un valor de 85.95% obtenido en la unidad experimental ubicada en la Hacienda Olocuilta mostrando así que se pueden obtener el valor mencionado a un tiempo de incubación de 72 horas ya que se observa un valor de 82.04%.

Al relacionar los resultados obtenidos mediante los análisis de laboratorio con los obtenidos a través del programa estadístico NOWAY, se observa que el promedio de degradabilidad efectiva ruminal a una tasa de flujo del 3%, el pasto Pangola incubado en la EEP presenta un valor de 52.12% de degradación en su edad 1 (21 días de corte); lo cual indica que este valor de degradabilidad efectiva ruminal (Der) se puede lograr en un tiempo de incubación de 24 horas a la misma edad de corte; en la Hacienda Olocuilta presenta un valor de 54.1% de degradabilidad efectiva ruminal a las 72 horas de incubación en la edad 3 (35 días de corte), lográndose esto a las 24 horas de incubación ya que en este periodo el valor obtenido es de 62.48%; en ambos casos se toma un valor superior al obtenido a través del programa estadístico NOWAY. El sorgo incubado en la EEP presenta un valor de degradabilidad efectiva ruminal de 50.58%, pudiendo obtenerse este valor de degradabilidad a las 24 horas de incubación ya que el valor de este periodo es de 50.85%, en la Hacienda olocuilta presenta un valor de 49.27% de desaparición del sustrato se logra a las 24 horas de incubación con un valor de 54.50%.

Por la naturaleza de cada uno de los pastos evaluados podemos observar que los porcentajes mas altos en Materia orgánica se obtienen en el pasto pangola tanto en la EEP como en la Hacienda Olocuilta; el otro valor elevado es el Sorgo.

**Figura N° 27** Degradabilidad ruminal de la Materia orgánica del Pasto pangola y el Sorgo según los tiempos de incubación realizados en la EEP y la Hacienda olocuilta.



Para generar un mejor entendimiento de lo propuesto en la tabla anterior sobre el comportamiento de la degradabilidad de la materia orgánica del pasto Pangola y el sorgo incubados en la EEP y la Hacienda olocuilta, se presentan en la figura anterior las curvas de degradabilidad, estas nos muestran que existe una tendencia muy similar entre ellas; pero la curva que presenta el mejor comportamiento de material evaluado lo presenta el pasto Pangola a la edad 1 (21 días de corte) incubado en la EEP y en la Hacienda Olocuilta ya que desde el inicio el pasto pangola incubado en la Estación Experimental tuvo un aumento uniforme. Además este pasto incubado en la Hacienda olocuilta se observa que desciende a las 24 horas de incubación pero al final del periodo aumenta su porcentaje de degradación. Esto nos indica que la edad

1 (21 días de corte) presenta los mejores porcentajes de degradación de materia orgánica en comparación con las demás edades actuando muy bien en todos los tiempos de incubación.

Por otro lado, se presentan los materiales en estudio que presentaron un comportamiento homogéneo en la tasa de desaparición del sustrato con respecto al tiempo **(b)** lo presenta el pasto pangola a sus 35 días de corte (E3) incubado en la EEP y en la hacienda Olocuilta.

**Tabla Nº 6** Degradabilidad promedio de la Materia Orgánica Residual del Pasto Estrella y el Sorgo de acuerdo a los tiempos de incubación y el programa estadístico NOWAY (%) realizados en la EEP y en la Hacienda Olocuilta.

TIEMPOS	EEP (Bolsa de Nylon)				OLOCUILTA (Bolsa de Nylon)			
	ESTR E1 (21d)	ESTR E2 (28d)	ESTR E3 (35d)	SORGO	ESTR E1 (21d)	ESTR E2 (28d)	ESTR E3 (35d)	SORGO
12	48,34	44,44	39,28	42,15	40,01	33,75	34,11	39,68
24	65,17	58,99	52,31	52,95	56,93	50,57	48,89	56,25
36	64,37	60,41	54,09	64,3	64,11	57,78	54,68	59,84
48	71,14	65,28	60,22	69,22	66,88	58,89	57,33	67,37
72	72,18	68,04	63,27	74,11	70,54	62,91	61,59	73,14
<b>NOWAY</b>								
A	12,2	19,21	21,37	21,54	4,69	-4,92	6,69	18,85
B	59,29	48,55	43,06	57,43	65,99	67,43	55,03	57,12
(a+b)	71,49	67,76	64,43	78,98	70,68	62,51	61,72	75,97
A°	26,68	24,43	21,58	25,4	26,68	24,43	21,58	25,4
B=(a+b)-A°	44,81	43,33	42,58	53,58	44	38,08	40,14	50,57
C	7,99	6,27	4,65	3,58	6,42	7,13	5,82	3,94
DER 3%	55,31	52,05	47,54	52,8	49,66	42,53	42,99	51,28

La tabla anterior muestra los resultados obtenidos de la degradabilidad ruminal del pasto estrella a sus tres edades de corte en las Haciendas Olocuilta y la EEP a través de la técnica de la bolsa de nylon; observándose que el mayor porcentaje de

degradabilidad potencial **(a+b)** de la Materia Orgánica Residual (MOR) obtenida que se obtuvo con el programa estadístico NOWAY, lo presenta el sorgo en la EEP con un valor de 78.98% de desaparición del material evaluado lográndose este valor a un tiempo de incubación de 72 horas con 74.11% de degradación del material incubado. También en la unidad experimental ubicada en la Hacienda Olocuilta presento un valor de 75.97% de desaparición del material evaluado, el cual se puede obtener a un tiempo de incubación de 72 horas, con un valor equivalente de degradación del material de 73.14%. Además el pasto estrella incubado en la unidad experimental ubicada en la EEP presenta un valor de degradabilidad potencial de 71.49%; obteniéndose en el mismo periodo de incubación ya que tiene un valor de 72.18% y el material incubado en la hacienda Olocuilta presenta un valor de 70.68% de desaparición del sustrato y este se logra a un tiempo de incubación antes mencionado.

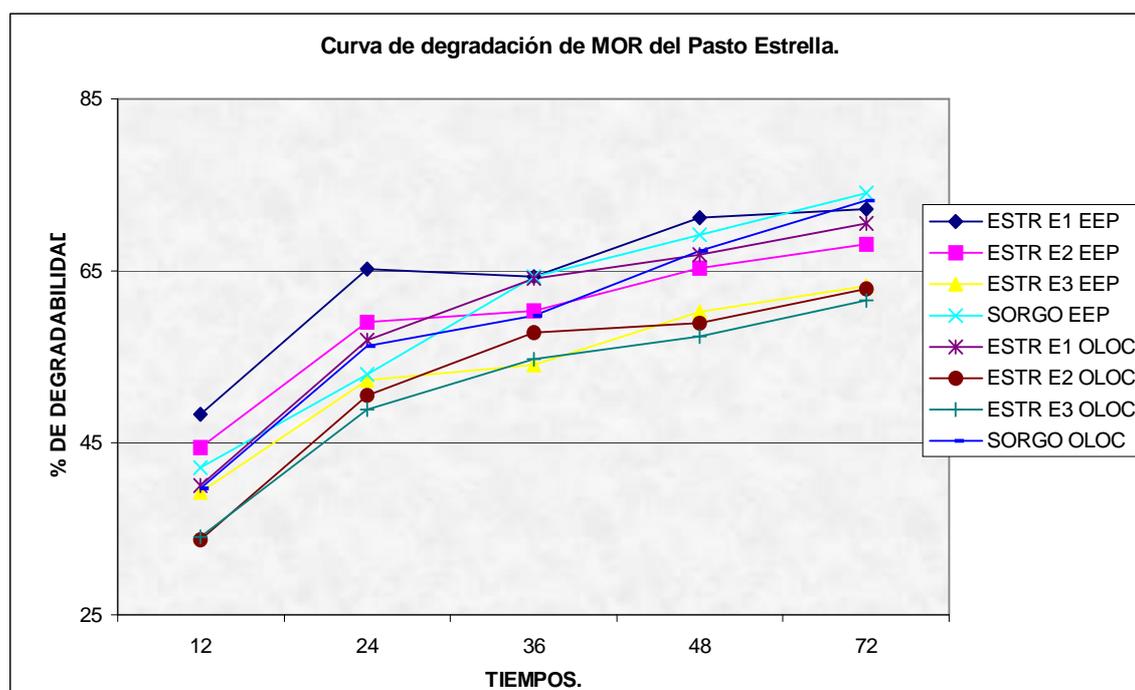
Al comparar los resultados obtenidos mediante los análisis de laboratorio con los obtenidos a través del programa estadístico NOWAY; se observa que el promedio de degradabilidad efectiva ruminal a una tasa de flujo del 3% (Der), el pasto estrella incubado en la EEP presenta un valor de 55.31% de degradación a los 21 días de corte ;lo cual indica que este valor de degradabilidad efectiva ruminal (Der) se puede lograr en un tiempo de incubación de 36 horas a la misma edad de corte, ya que en este periodo de incubación el valor es de 64.37%. En la Hacienda olocuilta se obtuvo un valor de Der al 3% de 49.66% de degradación el cual se logra a las 24 horas de incubación equivalente al 64.93% de desaparición del sustrato por medio de la bolsa de nylon, estos son los valores mas cercanos a los obtenidos en la degradabilidad efectiva ruminal a través del programa estadístico NOWAY.

La incubación del Sorgo en la EEP presenta un valor de 52.80% de degradabilidad efectiva ruminal a una tasa de flujo de 3%, esto nos indica que este valor se logra a las 24 horas de incubación presentando un valor de desaparición del 52.95%, el cual es un valor casi exacto al obtenido a través del programa estadístico NOWAY. En la Hacienda Olocuilta se obtuvo un valor de 51.28% de degradación lo que nos indica

que la Der se logra a las 24 horas de incubación con un valor de 56.28% de desaparición del material.

Por la naturaleza de cada uno de los pastos evaluados podemos observar que los porcentajes mas altos en Materia orgánica residual se obtienen en el sorgo tanto en la EEP como en la Hacienda Olocuilta; el otro valor elevado corresponde al pasto estrella.

**Figura Nº 28** Curva de degradabilidad ruminal de la Materia orgánica residual del Pasto estrella y el Sorgo según los tiempos de incubación realizados en la EEP y la Hacienda olocuilta.



Para una mejor interpretación del comportamiento de la degradabilidad de la materia orgánica residual del pasto estrella y el sorgo incubados en la EEP y la Hacienda olocuilta, se observa en la figura anterior las curvas de degradabilidad; donde estas nos muestran que existe una tendencia muy similar entre ellas; pero la curva que tiene el mejor comportamiento de material evaluado lo presenta el sorgo incubado en la EEP y en la Hacienda Olocuilta, ya que aunque no mantuvo un comportamiento

constante al final es el que obtuvo el mejor resultado de degradación de materia orgánica residual. Esto nos indica que el sorgo presenta la mejor tasa de degradación en comparación con las demás edades de los materiales evaluados, actuando aceptablemente en todos los tiempos de incubación.

Por otro lado, los materiales en estudio que presentaron un comportamiento homogéneo en la tasa de desaparición del sustrato con respecto al tiempo **(b)**, lo presenta el pasto estrella a sus 21 días de corte (E1) incubado en la EEP y en la hacienda Olocuilta.

**Tabla N° 7.** Degradabilidad promedio de la Materia Orgánica residual del pasto swazi y el sorgo de acuerdo a los tiempos de incubación y el programa estadístico NOWAY (%) realizados en la EEP y en la Hacienda Olocuilta.

TIEMPOS	EEP (Bolsa de Nylon)				OLOCUILTA (Bolsa de Nylon)			
	SWAZI E1 (21d)	SWAZI E2 (28d)	SWAZI E3 (35d)	SORGO	SWAZI E1 (21d)	SWAZI E2 (28d)	SWAZI E3 (35d)	SORGO
12	48,02	45,89	45,65	42,15	34,59	38,43	37,72	39,68
24	61,85	60,9	62,98	52,95	55,3	57,33	56,59	56,25
36	61,77	59,49	60,72	64,3	59,47	61,15	58,04	59,84
48	67,93	67,69	67,79	69,22	66,08	65,22	64,3	67,37
72	72,04	70,26	70,88	74,11	68,81	69,00	67,84	73,14
<b>NOWAY</b>								
A	31,85	27,14	17,25	21,54	-5,71	-0,47	4,57	18,85
B	41,07	43,78	52,52	57,43	74,6	68,76	62,71	57,12
(a+b)	72,91	70,92	69,77	78,98	68,89	68,29	67,31	75,97
A°	27,35	34,5	22,63	25,4	27,35	34,5	22,63	25,4
B=(a+b)-A°	45,56	36,42	47,14	53,58	41,54	33,79	44,68	50,57
C	4,45	4,93	6,75	3,58	6,57	7,05	6,43	3,94
DER 3%	56,38	54,37	53,61	52,8	45,5	47,77	47,35	51,28

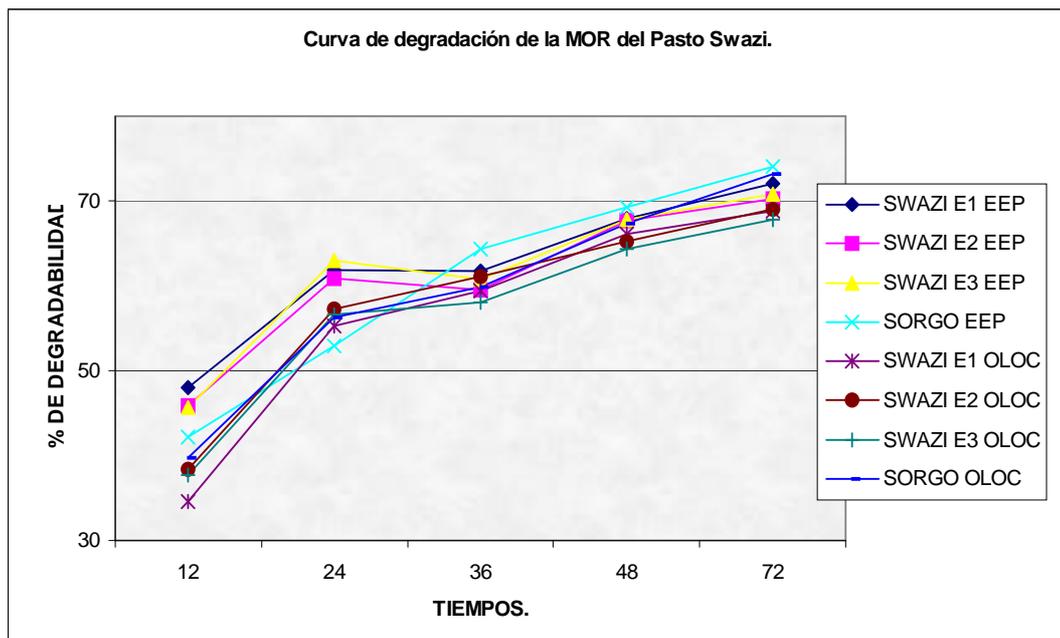
Los resultados obtenidos en el ensayo de la degradabilidad ruminal del pasto Swazi a sus tres edades de corte en las Haciendas Olocuilta y la EEP a través de la técnica

de la bolsa de nylon, arrojaron que el mayor porcentaje de degradabilidad potencial **(a+b)** de la Materia Orgánica Residual **(MOR)** obtenida con el programa NOWAY, lo presenta el sorgo en la EEP con un valor de 78.98% de desaparición del material evaluado; lográndose este a un tiempo de incubación de 72 horas con un valor equivalente a 74.11% de degradación. El material incubado en la Hacienda Olocuilta presenta un valor de 75.97% de desaparición, el cual se puede obtener a un tiempo de incubación antes mencionado; ya que se presenta un valor de 73.14% de degradación. Otro material evaluado que presenta valores elevados es el pasto swazi a los 21 días de corte con 72.91% de degradabilidad potencial **(a+b)**, obtenido en la unidad experimental ubicada en la EEP; ya que este valor se puede lograr a las 72 horas de incubación teniendo un valor de 72.04% de degradación. Por otro lado en la Hacienda olocuilta se obtuvo un 68.89% de desaparición el cual se logra en el mismo periodo de incubación con 68.81% de degradación.

Al analizar los resultados obtenidos mediante los análisis de laboratorio con los obtenidos a través del programa estadístico NOWAY; se observa que el promedio de degradabilidad efectiva ruminal a una tasa de flujo del 3% (Der), para el pasto Swazi incubado en la EEP presenta un valor de 56.38% (E1); lo cual indica que este valor de degradabilidad efectiva ruminal (Der) se puede lograr en un tiempo de incubación de 24-36 horas a la misma edad de corte, ya que en este periodo de incubación el valor es de 61.77% y de 61.85% de desaparición del sustrato incubado, ya que este es el inmediato superior al obtenido en la Der a través del programa estadístico NOWAY. En la Hacienda Olocuilta presentó un valor de 47.77% de degradabilidad efectiva ruminal a una tasa de flujo del 3%, lográndose este valor a las 24 horas de incubación ya que en este periodo el valor obtenido es de 57.33% correspondiente al pasto swazi a 28 días de corte (E2). La incubación del sorgo en la EEP arrojó un valor de 52.80% de desaparición del sustrato a una tasa de flujo de 3%, esto nos indica que este valor se logra a las 24 horas de incubación presentando un valor equivalente de 52.95% de degradación, el cual es un valor casi exacto al obtenido a través del programa estadístico NOWAY (52.8%). Además en la Hacienda Olocuilta se obtuvieron un valor de 51.28% de degradación del sustrato lo que nos indica que

la Der se logra a las 24 horas de incubación con un valor de 56.25% de degradación del material a través de la técnica de la bolsa.

**Figura N° 29.** Curva de Degradabilidad ruminal de la Materia orgánica residual del Pasto swazi y el Sorgo según los tiempo de incubación realizados en la EEP y la Hacienda olocuilta.



El comportamiento de la degradabilidad de la materia orgánica residual del pasto Swazi y el sorgo incubados en la EEP y la Hacienda olocuilta, se presentan en la figura anterior las curvas de degradabilidad, estas nos muestran que existe una tendencia muy similar entre ellas; pero la curva que tiene el mejor comportamiento de material evaluado lo presenta el Sorgo incubado en la EEP y en la Hacienda Olocuilta aunque al inicio de este periodo no aumentó notablemente pero a las 36 horas de incubación comenzó a presentar un incremento gradual hasta el final de este indicándonos un mejor resultado de degradación de materia orgánica residual. Esto nos indica que el sorgo presenta la mejor degradación en comparación con las demás edades actuando muy bien en todos los tiempos de incubación.

Además los materiales en estudio que presentaron un comportamiento homogéneo en la tasa de desaparición del sustrato con respecto al tiempo **(b)** lo presenta el pasto swazi a sus 21 días de corte (E1) incubado en la EEP y en la hacienda Olocuilta.

**Tabla Nº 8.** Degradabilidad promedio de la Materia Orgánica residual del pasto pangola y el sorgo de acuerdo a los tiempos de incubación y el programa estadístico NOWAY (%) realizados en la EEP y en la Hacienda Olocuilta.

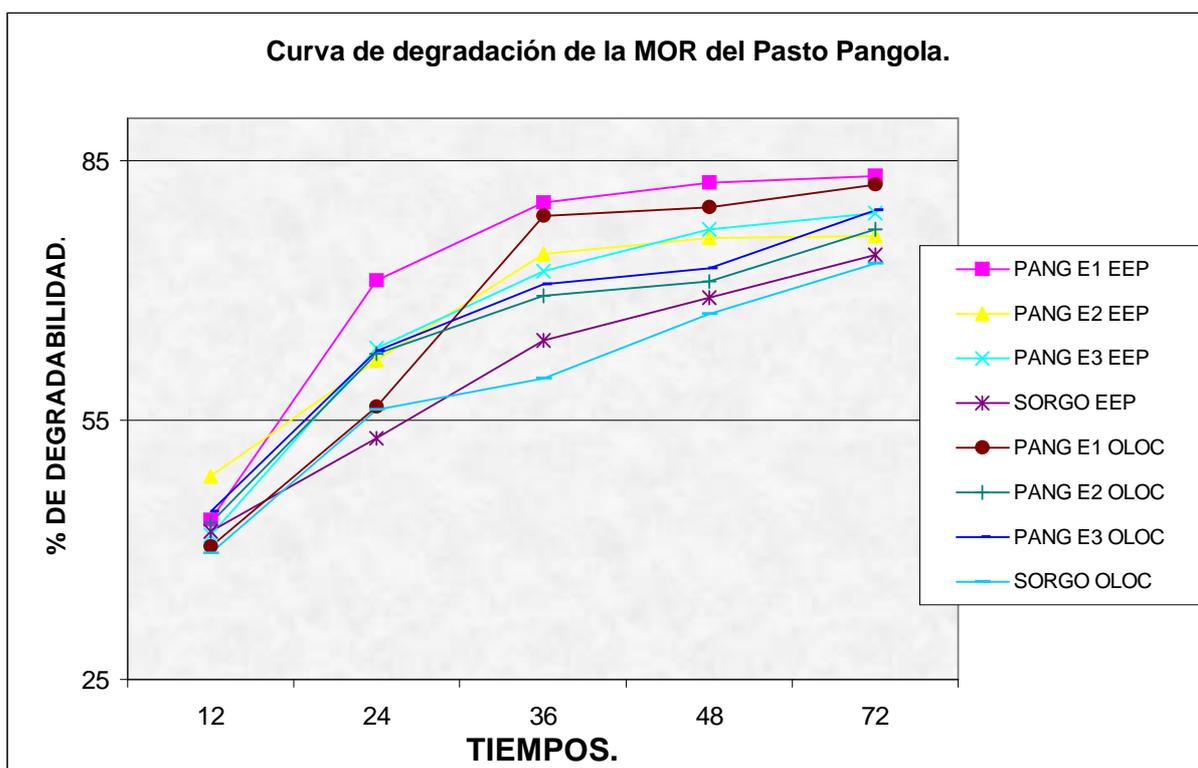
TIEMPOS	EEP (Bolsa de Nylon)				OLOCUILTA (Bolsa de Nylon)			
	PANG E1 (21d)	PANG E2 (28d)	PANG E3 (35d)	SORGO	PANG E1 (21d)	PANG E2 (28d)	PANG E3 (35d)	SORGO
12	43,50	48,50	41,68	42,15	40,41	43,18	44,45	39,68
24	71,16	61,92	63,39	52,95	56,58	62,67	63,05	56,25
36	80,22	74,26	72,27	64,3	78,63	69,39	70,75	59,84
48	82,53	76,17	77,09	69,22	79,70	71,13	72,6	67,37
72	83,24	76,34	79,02	74,11	82,28	77,13	79,36	73,14
<b>NOWAY</b>								
<b>A</b>	-48,35	12,35	-8,25	21,54	-4,47	3,62	10,36	18,85
<b>B</b>	131,93	65,97	88,00	57,43	90,24	72,64	68,74	57,12
<b>(a+b)</b>	83,58	78,31	79,75	78,98	85,77	76,26	79,10	75,97
<b>A°</b>	35,83	32,70	24,60	25,4	35,83	32,70	24,60	25,40
<b>B=(a+b)-A°</b>	47,75	45,61	55,15	53,58	49,94	43,56	54,50	50,57
<b>C</b>	9,92	6,47	6,98	3,58	5,51	6,64	5,79	3,94
<b>DER 3%</b>	52,95	57,40	53,31	52,8	53,94	53,65	55,65	51,28

La degradabilidad ruminal del pasto Pangola a sus tres edades de corte en las Haciendas Olocuilta y la EEP a través de la técnica de la bolsa de nylon muestran que el mayor porcentaje de degradabilidad potencial **(a+b)** de la Materia Orgánica

Residual (**MOR**) obtenida con el programa NOWAY, lo presenta el Pasto Pangola en la EEP, con un valor de 83.58% de desaparición del material evaluado lográndose a un tiempo de incubación de 72 horas con un valor de 83.24% de degradación. El material incubado en la unidad experimental de la Hacienda Olocuilta presentó un valor de degradabilidad potencial de 85.77% de desaparición, el cual se logra al tiempo de incubación antes mencionado con un valor de 82.28% de degradación. Además el sorgo incubado en la unidad experimental de la Hacienda olocuilta mostró un valor de 75.97% de degradabilidad potencial (**a+b**); el cual se puede obtener a un tiempo de incubación de 72 horas, ya que se obtuvo un valor de 73.14% de degradación. El material incubado en la EEP arrojó un valor de 78.98% de degradabilidad potencial, el que se puede lograr al periodo de incubación mencionado con un valor de 74.11% de degradación.

Al relacionar los datos obtenidos mediante los análisis de laboratorio, con los datos del programa estadístico NOWAY, se observa que el promedio de degradabilidad efectiva ruminal a una tasa de flujo del 3% para el pasto Pangola incubado en la EEP, presentó un valor de 57.4% de degradación obtenido a 28 días de corte; lo cual indica que este valor de Der se puede lograr en un tiempo de incubación de 24 horas a la misma edad de corte, ya que en este periodo de incubación el valor es de 61.92% y este es el inmediato superior al obtenido en la Der a través del programa estadístico NOWAY; como también en la Hacienda Olocuilta presentó un valor de 55.65% de Der lográndose este a un tiempo de incubación de 24 horas con un valor de 63.05% de degradación. Además la degradabilidad efectiva ruminal del sorgo en la EEP presentó un valor de 52.80% a una tasa de flujo de 3%, esto nos indica que este valor se logra a las 24 horas de incubación, siendo equivalente al de 52.95% de degradación, el cual es un valor casi exacto al obtenido a través del programa estadístico NOWAY; en la hacienda olocuilta dio como resultado un valor de 51.28% de degradación lo que nos indica que la Der se logra al mismo tiempo de incubación ya mencionado con un valor de 56.25%.

**Figura Nº 30.** Curva de degradabilidad ruminal de la Materia orgánica residual del Pasto pangola y el Sorgo según los tiempos de incubación realizados en la EEP y la Hacienda olocuilta.



Para una mejor visualización del comportamiento de la degradabilidad de la Materia Orgánica Residual del pasto Pangola y el sorgo incubados en la EEP y la Hacienda olocuilta, se presentan en la figura anterior las curvas de degradabilidad, estas nos muestran que existe una tendencia muy similar entre ellas; pero la curva que tiene el mejor comportamiento de material evaluado lo presenta el pasto Pangola incubado en la EEP y en la Hacienda Olocuilta ya que desde el inicio el pasto pangola presentó un incremento gradual hasta llegar a una constante en ambos lugares, indicándonos un mejor resultado de degradación de materia orgánica residual.

Esto nos muestra que la edad 1 (21 días de corte) presenta la mejor degradación en comparación con las demás edades actuando muy bien en todos los tiempos de incubación.

Por otro lado, los materiales en estudio que presentaron un comportamiento homogéneo en la tasa de desaparición del sustrato con respecto al tiempo **(b)** lo presenta el pasto pangola a sus 28 y 35 días de corte (E2 y E3) incubado en la EEP.

**Tabla N° 9.** Degradabilidad promedio de la Materia Seca del pasto estrella y el sorgo de acuerdo a los tiempos de incubación y el programa estadístico NOWAY (%) realizados en la EEP y en la Hacienda Olocuilta.

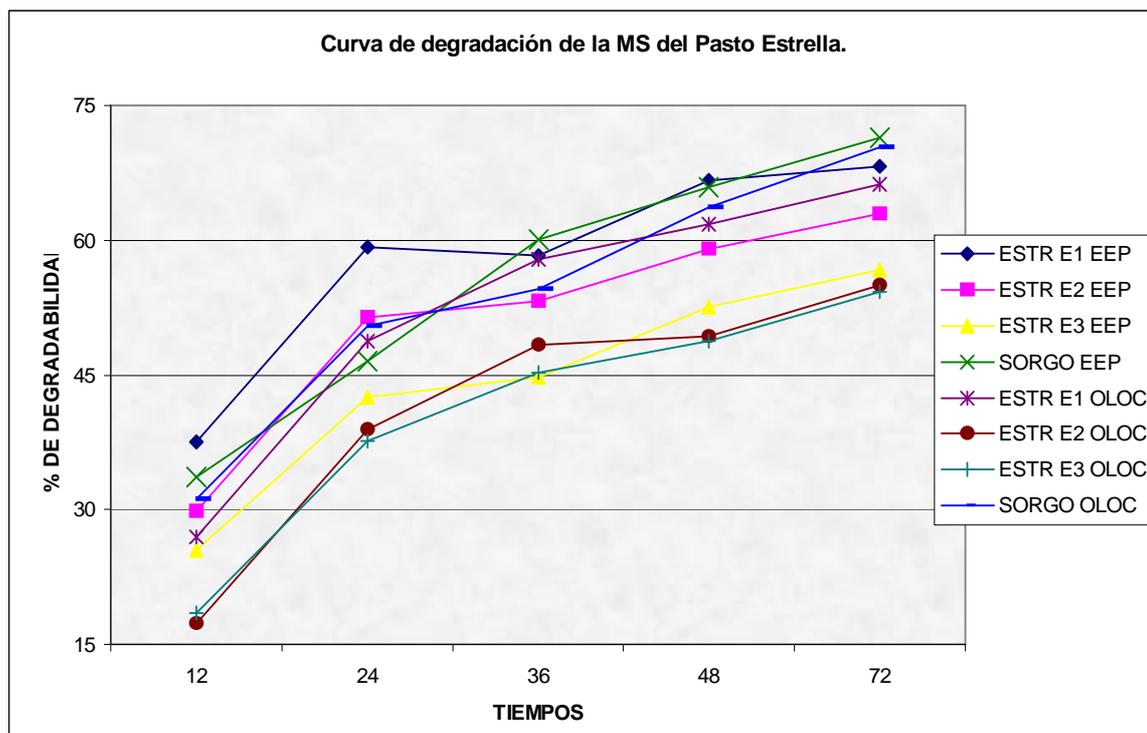
TIEMPOS	EEP (Bolsa de Nylon)				OLOCUILTA (Bolsa de Nylon)			
	ESTR E1 (21d)	ESTR E2 (28d)	ESTR E3 (35d)	SORGO	ESTR E1 (21d)	ESTR E2 (28d)	ESTR E3 (35d)	SORGO
12	37.56	29.80	25.45	33.64	26.91	17.34	18.53	31.23
24	59.24	51.36	42.54	46.53	48.73	38.94	37.63	50.50
36	58.33	53.15	44.77	60.07	57.85	48.33	45.23	54.61
48	66.62	59.06	52.60	65.85	61.80	49.33	48.72	63.67
72	68.28	62.97	56.70	71.45	66.21	55.05	54.27	70.32
<b>NOWAY</b>								
A	-9.69	-13.51	1.98	8.77	4.69	-4.92	6.69	7.10
B	76.94	75.35	56.11	68.23	65.99	67.43	55.03	66.73
<b>(a+b)</b>	67.24	61.84	58.09	77.00	70.68	62.51	61.72	73.83
A°	26.68	24.43	21.58	25.40	26.68	24.43	21.58	25.40
<b>B=(a+b)-A°</b>	40.56	37.41	36.51	51.60	44.00	38.08	40.14	48.43
C	8.09	7.27	4.69	3.65	6.42	7.13	5.82	3.90
DER 3%	46.43	39.83	36.20	46.23	49.66	42.53	42.99	44.80

Los resultados de la degradabilidad ruminal del pasto Estrella a sus tres edades de corte en las Haciendas Olocuilta y la EEP a través de la técnica de la bolsa de nylon muestran que el mayor porcentaje de degradabilidad potencial **(a+b)** de la Materia Seca **(MS)** obtenido con el programa NOWAY lo presenta el Sorgo en la EEP, con un valor de 77.00% de desaparición del material evaluado lográndose a un tiempo de

incubación de 72 horas con un valor equivalente de 71.45% de degradación; además en la Hacienda Olocuilta se obtuvo un valor de degradabilidad potencial con 73.83% el cual se logra al mismo tiempo de incubación, con un valor de 70.82% de degradación. También otro material evaluado que presenta valores elevados de degradabilidad potencial es el pasto Estrella incubado en la unidad experimental de la EEP con 67.24% de degradación, el cual se puede lograr a las 72 horas de incubación, ya que tiene un valor de 68.28% de degradación. El material evaluado en la Hacienda olocuilta (pasto estrella) presentó un valor de 70.68% a los 21 días de corte (E1), el cual se puede obtener a un tiempo de incubación de 72 horas; ya que este periodo presenta un valor de 66.21% de degradación.

Al evaluar los resultados obtenidos mediante los análisis de laboratorio con los obtenidos a través del programa estadístico NOWAY, se observa que el promedio de degradabilidad efectiva ruminal a una tasa de flujo del 3%, el sorgo incubado en la EEP presentó un valor de 46.23% de degradación; el cual se puede lograr a un tiempo de incubación de 24 horas con un valor equivalente al 46.53% de degradación. Además el pasto estrella incubado en la EEP a los 21 días de corte mostró un valor de 46.43% (Der 3%) lo cual indica que este valor de Der se puede lograr en un tiempo de incubación de 24-36 horas con un valor de 58.33% y 59.24% de degradación; siendo estos valores los mas inmediatos a los obtenidos en la Der a través del programa estadístico NOWAY. Por otro lado en la Hacienda Olocuilta el pasto estrella presentó un valor de 49.66% de Der a los 21 días de corte, lográndose este valor a un tiempo de incubación de 36 horas con un valor de 57.85% de degradación; como también el Sorgo presentó un valor de 44.80% de degradabilidad efectiva ruminal, lo que nos indica que la Der se logra a las 24 horas de incubación con un valor de 50.50% de degradación.

**Figura N° 31.** Curva de degradabilidad ruminal de la Materia Seca del Pasto estrella y el Sorgo según los tiempos de incubación realizados en la EEP y la Hacienda olocuilta.



Para visualizar el comportamiento de la degradabilidad de la Materia Seca del pasto estrella y el sorgo incubados en la EEP y la Hacienda olocuilta, se presentan en la figura anterior las curvas de degradabilidad, estas nos muestran que existe una tendencia muy similar entre ellas; pero la curva que presentó el mejor comportamiento de material evaluado, es el Sorgo incubado en la EEP y en la Hacienda Olocuilta ya que desde el inicio el Sorgo presentó un incremento gradual hasta llegar a una constante en ambos lugares indicándonos un mejor resultado de degradación de materia seca.

Además los materiales en estudio que presentaron un comportamiento homogéneo en la tasa de desaparición del sustrato con respecto al tiempo (**b**), lo presenta el pasto Estrella a sus 21 días de corte (E1) incubado en la Hacienda Olocuilta. Esto

nos indica que el Sorgo presenta la mejor degradación en comparación con el pasto ya mencionado.

**Tabla N° 10.** Degradabilidad promedio de la Materia Seca del pasto swazi y el sorgo de acuerdo a los tiempos de incubación y el programa estadístico NOWAY (%) realizados en la EEP y en la Hacienda Olocuilta.

TIEMPOS	EEP (Bolsa de Nylon)				OLOCUILTA (Bolsa de Nylon)			
	SWAZI E1 (21d)	SWAZI E2 (28d)	SWAZI E3 (35d)	SORGO	SWAZI E1 (21d)	SWAZI E2 (28d)	SWAZI E3 (35d)	SORGO
12	40,05	37,34	37,52	33.64	24,17	28,13	27,74	31.23
24	56,98	55,59	58,42	46.53	49,25	51,08	50,58	50.50
36	57,04	54,15	56,03	60.07	54,75	55,96	52,51	54.61
48	64,54	63,71	64,21	65.85	62,41	60,86	60,05	63.67
72	69,53	66,95	67,74	71.45	65,71	65,57	64,53	70.32
<b>NOWAY</b>								
A	19,99	13,96	0,81	8.77	-25,56	-0,47	4,57	7.10
B	50,59	53,63	65,48	68.23	91,37	68,76	62,74	66.73
(a+b)	70,58	67,59	66,29	77.00	65,81	68,29	67,31	73.83
A°	27.35	34.5	22.63	25.4	27.35	34.5	22.63	25.4
B=(a+b)-A°	43.23	33.09	43.66	51.6	38.46	33.79	44.68	48.43
C	4,48	5,04	7,1	3.65	6,63	7,05	6,43	3.90
DER 3%	50,3	47,58	46,83	46.23	37,36	47,77	47,35	44.80

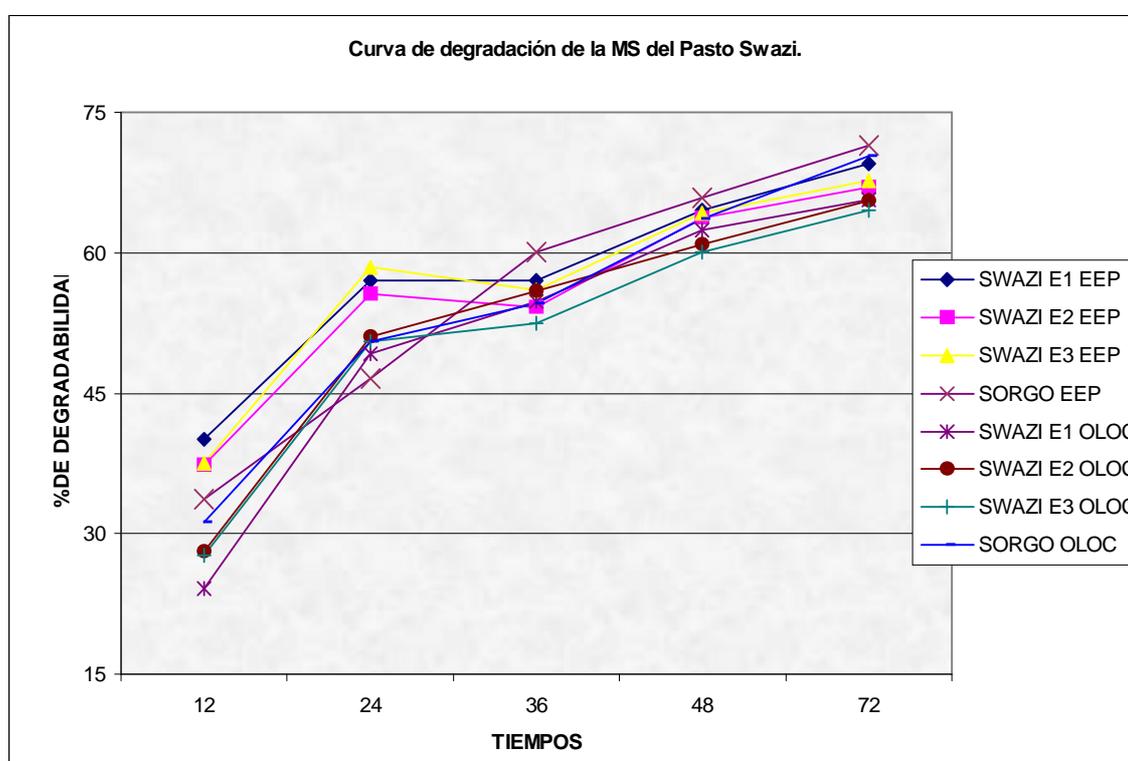
Los resultados de la tabla anterior correspondiente a la degradabilidad ruminal del pasto swazi a sus tres edades de corte y el sorgo incubados en la Hacienda Olocuilta y la EEP a través de la técnica de la bolsa de nylon, muestran que el mayor porcentaje de degradabilidad potencial **(a+b)** de la materia Seca **(MS)** obtenido con el programa estadístico NOWAY, lo presenta el sorgo incubado en la EEP con un valor de 77.00% de desaparición del material evaluado; el cual se puede obtener a las 72 horas de incubación con un valor equivalente de 71.45% de degradación. Además en la Hacienda Olocuilta el sorgo también presentó el valor más elevado de

degradabilidad potencial **(a+b)** con un 73.83% de desaparición del material, lográndose esto a un tiempo de incubación de 72 horas con un valor de 72.72%. Otro material evaluado que presenta valores elevados es el Pasto Swazi a los 21 días de corte (E1) con un valor de 70.58% de desaparición, incubados en la EEP, y de 68.29% en la Hacienda Olocuilta a los 28 días de corte; mostrando así que se pueden obtener los valores mencionados a un tiempo de incubación de 72 horas; ya que en la EEP el valor es de 69.53% y en la Hacienda Olocuilta de 65.57% de degradación.

Para evaluar los resultados obtenidos mediante los análisis de laboratorio con los obtenidos a través del programa estadístico NOWAY, se observa que el promedio de degradabilidad efectiva ruminal a una tasa de flujo del 3%, el pasto swazi incubado en la EEP presenta un valor de 50.3% de degradación a las 72 horas de incubación en su edad 1 (21 días de corte); lo cual indica que este valor de Der se puede lograr en un tiempo de incubación de 24 horas a través de la técnica de la bolsa de nylon; que en este periodo de incubación el valor es de 56.98% de desaparición del sustrato. Este valor es el inmediato superior al valor de degradabilidad efectiva obtenido a través del programa estadístico NOWAY, además en la Hacienda Olocuilta presenta un valor de 47.77% de degradabilidad efectiva ruminal en la edad 2 (28 días de corte), lográndose esto a las 24 horas de incubación ya que en este periodo el valor obtenido es de 51.08% cuyo valor es superior al valor de degradabilidad efectiva ruminal obtenido a través del programa estadístico NOWAY. La incubación del Sorgo en la EEP presenta un valor de 46.23% de degradabilidad efectiva ruminal (Der) a una tasa de flujo de 3%, esto nos indica que este valor se puede lograr a las 24 horas de incubación, presentando un valor de 46.53% de degradación; siendo un valor casi exacto al obtenido a través del programa estadístico NOWAY, también es muy similar al obtenido en la Hacienda Olocuilta (44.80%), lográndose este valor de degradación, al mismo tiempo de incubación ya mencionado con un porcentaje equivalente a 50.50%

Por la naturaleza de cada uno de los pastos evaluados podemos observar que los porcentajes mas altos en Materia Seca se obtienen en el Sorgo tanto en la EEP como en la Hacienda Olocuilta; el otro valor elevado es el Pasto swazi.

**Figura N° 32.** Curva de degradabilidad ruminal de la Materia Seca del Pasto swazi y el Sorgo según los tiempos de incubación realizados en la EEP y la Hacienda olocuilta.



Para entender el comportamiento de la degradabilidad de la Materia Seca del pasto Swazi y el sorgo incubados en la EEP y la Hacienda olocuilta, se presentan en la figura anterior las curvas de degradabilidad obtenidas a través de la bolsa de nylon, estas nos muestran que existe una tendencia muy similar entre ellas; pero la curva que tiene el mejor comportamiento de material evaluado lo presenta el Sorgo incubado en la EEP y en la Hacienda Olocuilta; ya que desde el inicio presenta un incremento gradual de forma escalonada hasta llegar a un punto mas elevado

indicándonos un mejor resultado de degradación de materia seca. Por otro lado, los materiales que presentaron un comportamiento homogéneo en la tasa de desaparición del sustrato con respecto al tiempo **(b)** lo presenta el pasto swazi a sus 21 días de corte (E1) incubado en la EEP y en la hacienda Olocuilta. Esto nos indica que el Sorgo presenta la mejor degradación en comparación con el pasto ya mencionado.

**Tabla Nº 11.** Degradabilidad promedio de la Materia Seca del pasto pangola y el sorgo de acuerdo a los tiempos de incubación y el programa estadístico NOWAY (%) realizados en la EEP y en la Hacienda Olocuilta.

TIEMPOS	EEP (Bolsa de Nylon)				OLOCUILTA (Bolsa de Nylon)			
	PANG E1 (21d)	PANG E2 (28d)	PANG E3 (35d)	SORGO	PANG E1 (21d)	PANG E2 (28d)	PANG E3 (35d)	SORGO
12	36,49	36,84	30,58	33.64	33,79	30,06	34,13	31.23
24	68,41	53,97	57,61	46.53	52,2	54,71	57,37	50.50
36	78,97	69,42	68,78	60.07	77,03	63,06	67,09	54.61
48	81,56	71,78	74,62	65.85	78,78	65,54	69,37	63.67
72	82,7	72,24	77,17	71.45	81,23	72,87	77,23	70.32
<b>NOWAY</b>								
<b>A</b>	-67,92	-8,85	-31,57	8.77	-17,35	-20,01	-10,15	7.10
<b>B</b>	150,9	83,49	109,62	68.23	102,67	91,85	87	66.73
<b>(a+b)</b>	82,98	74,63	78,04	77.00	85,32	71,84	76,85	73.83
<b>A°</b>	35.83	32.7	24.6	25.4	35.83	32.7	24.6	25.4
<b>B=(a+b)-A°</b>	47.15	41.93	53.44	51.6	49.49	39.14	52.25	48.43
<b>C</b>	9,81	6,46	6,98	3.65	5,52	6,65	6	3.90
<b>DER 3%</b>	47,63	48,15	45,08	46.23	49,15	43,27	47,84	44.80

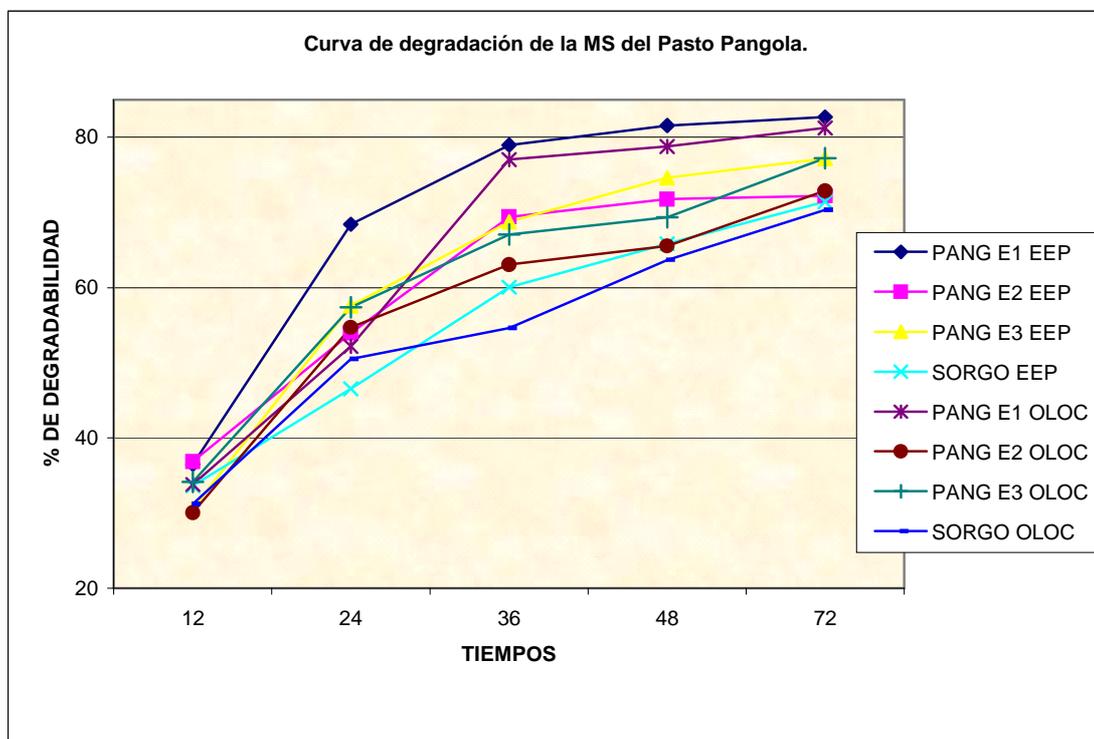
Los datos obtenidos de la degradabilidad ruminal del pasto Pangola a sus tres edades de corte en las Haciendas Olocuilta y la EEP a través de la técnica de la bolsa de nylon, muestran que el mayor porcentaje de degradabilidad potencial **(a+b)** de la Materia Seca **(MS)** obtenido con el programa NOWAY, lo presenta el Pasto Pangola a sus 21 días de corte (E1), incubado en la EEP, obteniendo un valor de

82.98% de desaparición del material evaluado lográndose a un tiempo de incubación de 72 horas equivalente a un valor según bolsa de nylon de 82.7% de degradación; por otro lado, el mismo material incubado en la Hacienda Olocuilta, presentó un valor de degradabilidad potencial de 85.32%, el cual se logra a un tiempo de incubación de 72 horas con un valor de 81.23% de degradación. El sorgo incubado en la EEP y en la Hacienda olocuilta arrojaron valores de 77% y 73.83% de degradabilidad potencial **(a+b)**; el cual puede ser obtenido a través de la técnica de la bolsa de nylon, en un tiempo de 72 horas con valores de 71.45% y 70.82% de degradación respectivamente.

Los resultados obtenidos, mediante los análisis de laboratorio con los resultados obtenidos a través del programa estadístico NOWAY, se observa que el promedio de degradabilidad efectiva ruminal con una tasa de flujo del 3% para el pasto Pangola incubado en la EEP presenta un valor de 48.15% a sus 28 días de corte (E2); lo cual indica que este valor de Der se puede lograr en un tiempo de incubación de 24 horas a la misma edad de corte; ya que en este periodo de incubación el valor es de 53.97% siendo el inmediato superior al obtenido en la Der a través del programa estadístico NOWAY, como también en la Hacienda Olocuilta obtuvo un valor de 49.15% de Der a los 21 días de corte, lográndose este valor al tiempo de incubación antes descrito con un valor de 52.2% de degradación.

Además la degradabilidad efectiva ruminal del sorgo en la EEP presenta un valor de 46.23% a una tasa de flujo de 3% (Der 3%), esto nos indica que este valor se logra a las 24 horas de incubación, con un valor equivalente de degradación de 46.53%, el cual es un valor casi exacto al obtenido a través del programa estadístico NOWAY; de la misma manera en la Hacienda Olocuilta presentó un valor de 44.80% lo que nos indica que la Der se logra a las 24 horas de incubación con un valor de 50.50%.

**Figura N° 33** Curva de degradabilidad ruminal de la Materia Seca del Pasto pangola y el Sorgo según los tiempos de incubación realizados en la EEP y la Hacienda olocuilta.



Para tener una mejor interpretación del comportamiento de la degradabilidad de la Materia Seca del pasto Pangola y el sorgo incubados en la EEP y la Hacienda olocuilta, se presentan en la figura anterior las curvas de degradabilidad, estas nos muestran que existe una tendencia muy similar entre ellas; pero el mejor comportamiento lo presenta el Pasto pangola incubado en la EEP y en la Hacienda Olocuilta, ya que desde el inicio presentó un incremento de forma escalonada hasta llegar a un punto mas elevado. Esta conducta se presenta en todas sus edades de corte y los diferentes tiempos de incubación.

El sorgo por el contrario presenta un comportamiento inferior al mostrado por el pasto pangola; esto nos indica que el mejor material con una buena degradación por parte del animal lo presento el pasto pangola a sus 21 días de corte (E1).

## 7. CONCLUSIONES.

1. El pasto pangola a sus 21 días de corte y evaluado a las 72 horas de incubación a través de la técnica de degradabilidad *in situ*, obtuvo el mejor aprovechamiento y a la vez presentó bajo contenido de Fibra Neutro Detergente el cual lo hace más digestible.
2. El ensilado de sorgo en la EEP y en la Hacienda olocuilta, a través de la técnica *in situ* es el que podemos catalogar como segunda opción.
3. La degradabilidad efectiva ruminal (Der) a una tasa de flujo del 3% del pasto Swazi y el pasto Estrella a 21 días de corte en la EEP fue la adecuada, ya que por la velocidad con que atravesaron el tracto del animal se aprovecharon al máximo los nutrientes de dichos materiales.
4. Entre los dos sistemas de producción ganadera que se evaluaron, el sistema ganadero que mejor se comportó a través de toda la investigación, fue el sistema bajo pastoreo.
5. El uso de diferentes razas no afecta el resultado obtenido a través de la técnica *in situ*.

## 8. RECOMENDACIONES.

1. Utilizar la información presentada en este documento para poder continuar con investigaciones sobre la degradabilidad ruminal a través de la técnica *in situ* y dar a conocer más a los productores la importancia del mismo.
2. A los productores se les recomienda implementar esta técnica utilizando una fístula ruminal para evaluar diferentes tipos de alimentos (forrajes, ensilados o concentrados), así como también contribuiría a la recuperación de crías que necesiten de un aumento de la flora microbiana.
3. Se recomienda que para futuras investigaciones referentes al uso de la técnica de la bolsa de nylon, se aumenten los tiempos de incubación, como también las unidades experimentales; con el objeto de que se observen las variaciones entre ellos.
4. Utilizar el pasto pangola en su edad 1 y el Ensilado de sorgo para la alimentación del ganado; ya que estos fueron los que se degradaron de la mejor manera y asimilándose mejor los nutrientes de estos.

## 9. BIBLIOGRAFIA

1. A. O. A. C., 1980. Official Methods of Analysis. Of the Association of Official Analytical Chemists. Washington D. C.
2. ANGELES CAMPOS, S. C. 2002. Alimentación animal: Forrajes y concentrados. Mexico. 2<sup>da</sup> edición. Universidad Nacional Autónoma de México. Pág. 1-70.
3. AYALA, B. A. J.; ROSADO R. C. M.; CAPETILLO, L. C. M. y SANDOVAL C. C. A. 2003. Evaluación del método de lavado de bolsas en la técnica de degradación ruminal "*in situ*". Mérida, Yucatán, México.
4. BANCO CENTRAL DE RESERVA; Revista Trimestral Oct – Dic. 2005.
5. BATEMAN, J. P; 1970. Nutrición Animal. México D. F. México. Herrero hermanos. Pág. 146. 1984
6. CAMERO, R. E. 1984. Factores que afectan los resultados de la técnica de digestibilidad "*in situ*". 23 p.
7. CAÑAS, F. 2000. Marcha analítica para análisis bromatológico o análisis proximal. Universidad de El Salvador.
8. CHURCH, D.C. 1993. El rumiante, fisiología digestiva y nutrición, ed. 2<sup>a</sup>, Acribia, Zaragoza, España.
9. CLOSE, W; MENKE, H. 1986. Selected topics in animal nutrition. Stuttgart, Germany. Duetsihe,stiflung für internationale netwecklung, 2a ed.

10. DELUCCHI, M. I. 1998. Composición de leche: Determinación de urea en leche. Laboratorio de calidad de leche. INIA La Estanzuela, Uruguay. Pág. 61-64.
11. DUTHIL, JEAN; 1976. Producción de Forrajes. Madrid, España. Mundi-prensa. Pág. 336.
12. FLORES TENSOS, J. M; 2006. Evaluación de la degradabilidad ruminal del pasto estrella en tres edades de corte. FMVZ-UADY. Mérida, Yucatán.
13. FLORES MENÉNDEZ, J. A. 1983. Bromatología animal. 3<sup>era</sup> edición. México. Limusa. Pág. 213-215
14. GROSS, F.; 1969. Silos y Ensilados. Zaragoza, España. Acribia. Pág. 10-11.
15. HUGHES, H. D. 1986. La ciencia de la agricultura basada en la producción de pastos. 2<sup>da</sup> edición. México. Editorial Continental, S.A. Pág 667-672.
16. KEMPTON, T. J. 1980. El uso de la bolsa de nylon para caracterizar el potencial de degradación de los alimentos para rumiantes. Producción Animal Tropical. 126 pp.
17. LASCANO, C. 1979. Determinants of grazed forage voluntary intake in cattle. Teses PhD. Texas, EE. UU. Texas Collage Station, Texas A & M University. 215 p.
18. MARTINEZ, O. V.; CUELLAR RAMOS, H. A.; CAMPOS QUINTANILLA, H. A. 1994. Rendimiento y calidad del pasto Swazi (*Digitaria Swazilandensis*); sometido a dos niveles de fertilización foliar y dos períodos de recuperación. Tesis. Ing. Agr. San Salvador, El Salvador. Universidad Politécnica de El Salvador. Pág. 324.

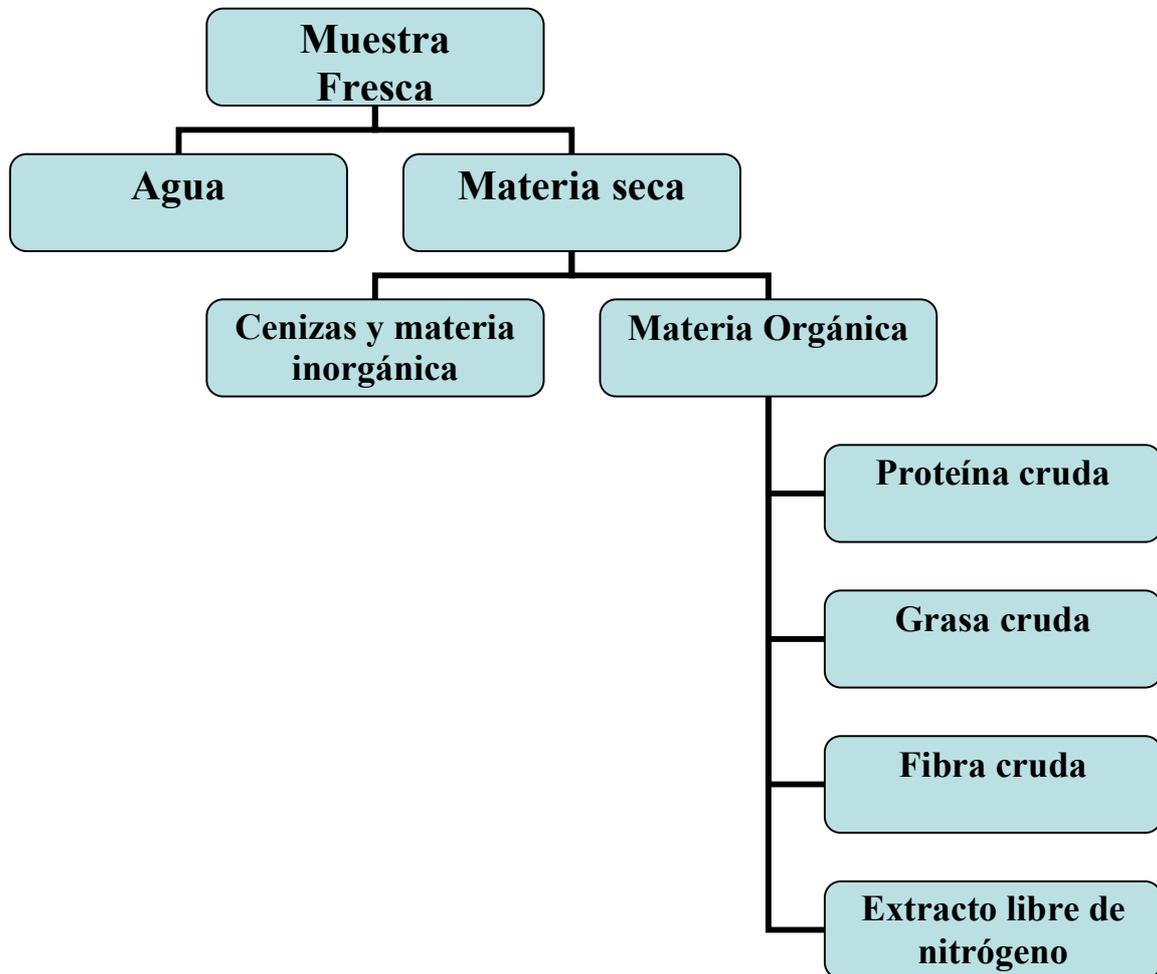
19. MEHREZ A. Z. and E. R. ORSKOV, A., 1977. Study of artificial bag technique for determining the digestibility of feed in the rumen. J. Agr. Sci., comb 88: 645-650.
20. MELGAREJO VELAZQUEZ, L. 2002. Alimentación Animal: Manejo de pastizales. Mexico. 1<sup>era</sup> edición. Universidad Autónoma de Mexico. Pág. 1-61.
21. MERTENS, D. R: and ELY, R., 1982. Relationship of rate and extent of digestion to forage utilization a dynamic model evaluation. J. anim. Sci., 54: 895-905.
22. MC DONALD, E. 1999. Nutrition Animal. 5th Edition P. 205-209
23. MCILLROY, R. J. 1973. Introducción al cultivo de pastos tropicales. México, D. F. México. Limusa. Pág. 97-130.
24. MIERES, J. M.; CUNEO, M.; ASSANDRI, L. 1999. Manual de técnicas de laboratorio. INIA, La Estanzuela, Uruguay. 56 p.
25. MINSON, D.J. 1990 Forage in ruminant nutrition, Academia Press. Inc. UK. P 483.
26. MONOGRAFIAS. 1999. Alimentos Balanceados. (En línea). Consultado ene 2005. disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos/alimentos/alimentos.shtml>
27. NAPOLI, G. M., SANTINI, F., 1987. Revisión bibliográfica de la dinámica de la digestión ruminal de forrajes frescos. Rev. Argentina de Producción Animal, Vol. 7, N°5: 431-443.

28. OSPINA, J. E., 1995. Producción pecuaria. Santa Fe de Bogotá; Colombia. Terranova. Pág. 50-55.
29. ØRSKOV, E. A.; E. I. McDONALD. 1977. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. J. Agric. Sci., Camb., 92: 499-503.
30. ORSKOV, E. R. 1980. The use of nylon technique for the evaluation of feedstuffs. Tropical animal productions. S: 19.213.
31. ORSKOV, E. R. 2000. The *In Situ* technique for the estimation of forage degradability in ruminants. In: forage evaluation ruminant nutrition. Ed. Givens, D. I.; Owen, E. UK: CABI. Pp 175-188.
32. ORSKOV, R., 1982. Protein nutrition in ruminants Academic Press London. 160 p.
33. PRESTON, T., LENG, R., 1989. Ajustando los sistemas de producción pecuaria a los recursos disponibles: aspectos básicos y aplicados del nuevo enfoque sobre nutrición de rumiantes en el trópico. (Ed.).
34. QUIJANO CERVERA, R. et. al. 2000. Manual de análisis de alimentos. Departamento de nutrición. Universidad Autónoma de Yucatán. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Mérida, Yucatán, México.
35. SEMPLE, A. T., 1974. Avances en pasturas cultivadas y naturales. A. I. D. Buenos Aires, Argentina. Hemisferio Sur. Pág. 24-26.
36. TOLEDO, M. J., 1982. Manual para evaluación de pastos tropicales. Centro Internacional de Agricultura Tropical. (CIAT). Colombia. 109p.

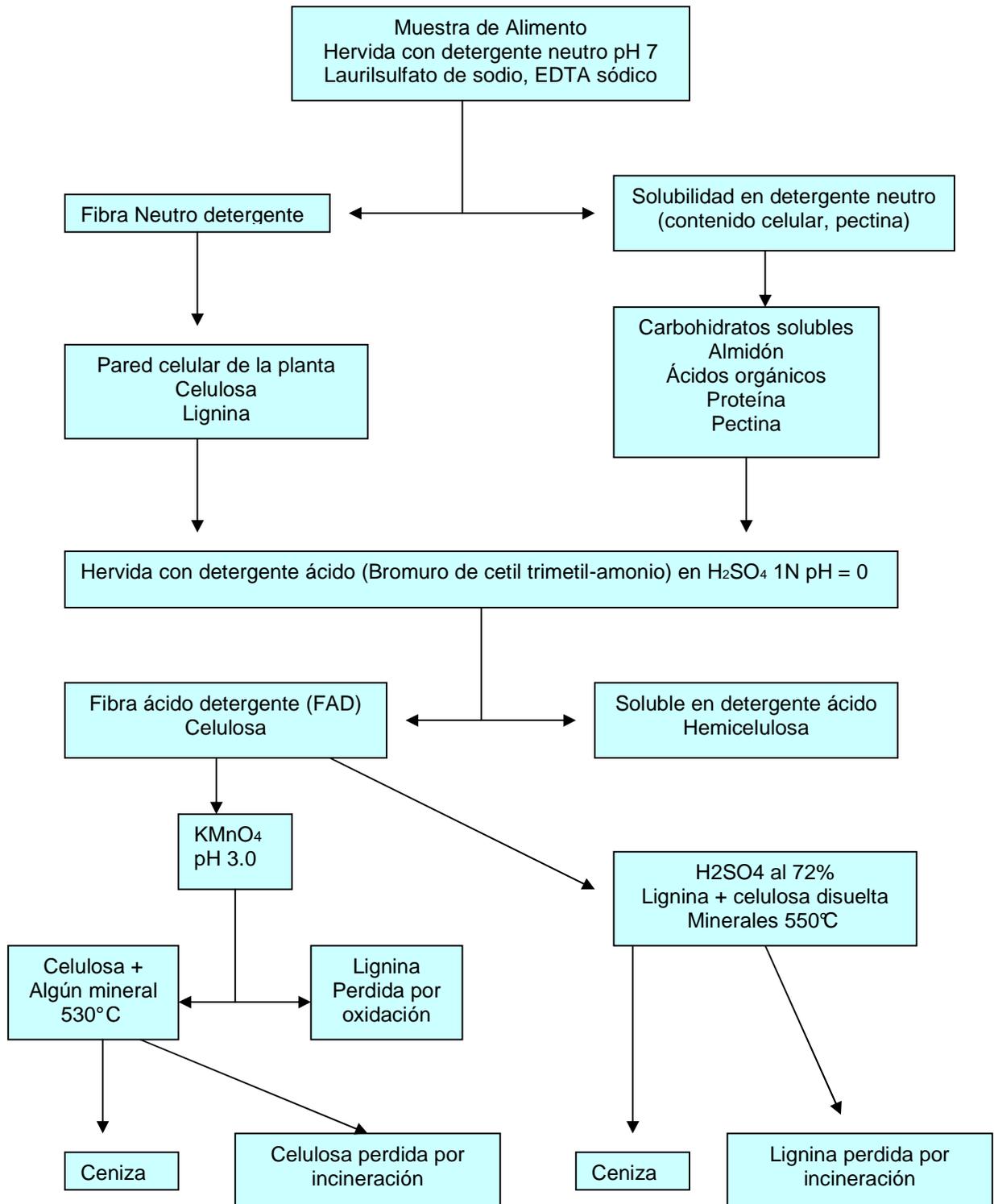
37. UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN MARCOS DE LA FACULTAD DE QUIMICA E ING. QUIMICA. 2003. Alimentos balanceados. (En línea). Consultado ene 2005. disponible en: <http://www.ilustrados.com/publicaciones/EpyuVuFAyZVydPbefh.php>
38. VAN SOEST, P. J; WINE, R. H., 1967. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. The determination of plant cell wall constituents. Pág. 50.
39. VAN – SOEST, P., 1982. Nutritional ecology of the ruminants. O&B. Books Inc., Corvallis, Oregon. U.S.A.
40. VASQUEZ CÁRCAMO, A. A. 1990. Efectos de diferentes niveles de nitrógeno en el rendimiento y composición química de los pastos pangola (*Digitaria decumbens*) y callie (*Cynodon dactylon var. Callie*). Tesis Ing. Agr. San Salvador. El Salvador, Universidad de El Salvador. 89p.
41. WATTIAUX, M., MERTENS, D. SATTER, L., 1991. Effect of source and amount of fibber.
42. ZAVALA, D., LÓPEZ, F. VENTURA, B., 2005. Efecto de la proteína cruda y la energía en la fertilidad de las vacas lecheras en ocho ganaderías de El Salvador. San Salvador. Tesis, Ing. Agr. El Salvador. 117p.

# **10. ANEXOS.**

**A1. ANÁLISIS WENDEE (Análisis Químico Proximal).**



## A2. MÉTODO DE VAN SÖEST PARA FRACCIONAR LAS FIBRAS DE ALIMENTOS





#### A4. PROCEDIMIENTO DEL PROGRAMA NOWAY: DEGRADACION DE LA MATERIA SECA DEL PASTO SWAZI, PANGOLA Y ESTRELLA EN LA EEP.

\*\*\*\*\* NOWAY \*\*\*\*\*

A Program for the Calculation of Degradation Curves  
(C) 1994 Chris Harbron, SASS, Rowett Research Institute

\*\*\*\*\*

##### Cpse1s1\*

A: 19.99    B: 50.59    C: 0.0448    Asymptote: 70.58  
Residual Sum of Squares: 27.26  
Residual Standard Deviation: 3.69  
Times:            12.00    24.00    36.00    48.00    72.00  
Measurements:    40.05    56.98    57.04    64.54    69.53  
Fitted values:    41.04    53.33    60.51    64.70    68.58  
K:    0.01    0.02    0.03    0.04    0.05    0.06  
P:    61.35    54.97    50.30    46.72    43.90    41.62  
K:    0.07    0.08    0.09    0.10    0.11    0.12  
P:    39.74    38.16    36.81    35.65    34.64    33.75

\*\*\*\*\*

##### Cpse2s1\*

A: 13.96    B: 53.63    C: 0.0504    Asymptote: 67.59  
Residual Sum of Squares: 40.43  
Residual Standard Deviation: 4.50  
Times:            12.00    24.00    36.00    48.00    72.00  
Measurements:    37.34    55.59    54.15    63.71    66.95  
Fitted values:    38.30    51.59    58.85    62.82    66.17  
K:    0.01    0.02    0.03    0.04    0.05    0.06  
P:    58.71    52.36    47.58    43.86    40.89    38.45  
K:    0.07    0.08    0.09    0.10    0.11    0.12  
P:    36.41    34.69    33.22    31.94    30.81    29.83

\*\*\*\*\*

##### Cpse3s1\*

A: 0.81      B: 65.48      C: 0.0710      Asymptote: 66.29  
 Residual Sum of Squares: 47.28  
 Residual Standard Deviation: 4.86  
 Times:            12.00    24.00    36.00    48.00    72.00  
 Measurements:    37.52    58.42    56.03    64.21    67.74  
 Fitted values:    38.34    54.36    61.20    64.12    65.90  
 K:    0.01    0.02    0.03    0.04    0.05    0.06  
 P:    58.20    51.89    46.83    42.68    39.22    36.29  
 K:    0.07    0.08    0.09    0.10    0.11    0.12  
 P:    33.77    31.59    29.68    27.99    26.48    25.14

\*\*\*\*\*

**Cpeel1s1\***

A: -9.69      B: 76.94      C: 0.0809      Asymptote: 67.24  
 Residual Sum of Squares: 34.42  
 Residual Standard Deviation: 4.15  
 Times:            12.00    24.00    36.00    48.00    72.00  
 Measurements:    37.56    59.24    58.33    66.62    68.28  
 Fitted values:    38.09    56.20    63.06    65.66    67.02  
 K:    0.01    0.02    0.03    0.04    0.05    0.06  
 P:    58.78    51.99    46.43    41.79    37.85    34.48  
 K:    0.07    0.08    0.09    0.10    0.11    0.12  
 P:    31.55    28.99    26.72    24.71    22.91    21.28

\*\*\*\*\*

**Cpee2s1\***

A: -13.51      B: 75.35      C: 0.0727      Asymptote: 61.84  
 Residual Sum of Squares: 20.24  
 Residual Standard Deviation: 3.18  
 Times:            12.00    24.00    36.00    48.00    72.00  
 Measurements:    29.80    51.36    53.15    59.06    62.97  
 Fitted values:    30.35    48.68    56.34    59.54    61.44  
 K:    0.01    0.02    0.03    0.04    0.05    0.06  
 P:    52.73    45.58    39.83    35.10    31.13    27.77  
 K:    0.07    0.08    0.09    0.10    0.11    0.12  
 P:    24.88    22.36    20.16    18.21    16.47    14.92

\*\*\*\*\*

**Cpee3s1\***

A: 1.98      B: 56.11      C: 0.0469      Asymptote: 58.09

Residual Sum of Squares: 16.67

Residual Standard Deviation: 2.89

Times:            12.00    24.00    36.00    48.00    72.00

Measurements:    25.45    42.54    44.77    52.60    56.70

Fitted values:    26.12    39.88    47.71    52.18    56.17

K:    0.01    0.02    0.03    0.04    0.05    0.06

P:    48.23    41.31    36.20    32.26    29.13    26.59

K:    0.07    0.08    0.09    0.10    0.11    0.12

P:    24.49    22.71    21.20    19.89    18.75    17.74

\*\*\*\*\* NOWAY \*\*\*\*\*

A Program for the Calculation of Degradation Curves  
(C) 1994 Chris Harbron, SASS, Rowett Research Institute

\*\*\*\*\*

**Cppe1s2\***

A: -67.92    B: 150.90    C: 0.0981    Asymptote: 82.98

Residual Sum of Squares: 0.25

Residual Standard Deviation: 0.35

Times:            12.00    24.00    36.00    48.00    72.00

Measurements:    36.49    68.41    78.97    81.56    82.70

Fitted values:    36.46    68.64    78.56    81.62    82.85

K:    0.01    0.02    0.03    0.04    0.05    0.06

P:    69.02    57.42    47.63    39.26    32.02    25.70

K:    0.07    0.08    0.09    0.10    0.11    0.12

P:    20.13    15.18    10.76    6.79    3.20    -0.06

\*\*\*\*\*

**Cppe2s2\***

A: -8.85      B: 83.49      C: 0.0646      Asymptote: 74.63

Residual Sum of Squares: 21.18

Residual Standard Deviation: 3.25

Times:	12.00	24.00	36.00	48.00	72.00	
Measurements:	36.84	53.97	69.42	71.78	72.24	
Fitted values:	36.17	56.91	66.47	70.87	73.83	
K:	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06
P:	63.44	54.89	48.15	42.70	38.20	34.42
K:	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12
P:	31.21	28.44	26.02	23.91	22.03	20.36

\*\*\*\*\*

**Cppe3s2\***

A: -31.57    B: 109.62    C: 0.0698    Asymptote: 78.04

Residual Sum of Squares: 0.35

Residual Standard Deviation: 0.42

Times:	12.00	24.00	36.00	48.00	72.00	
Measurements:	30.58	57.61	68.78	74.62	77.17	
Fitted values:	30.59	57.50	69.15	74.19	77.32	
K:	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06
P:	64.30	53.62	45.08	38.10	32.28	27.36
K:	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12
P:	23.14	19.49	16.30	13.48	10.97	8.73

\*\*\*\*\* NOWAY \*\*\*\*\*

A Program for the Calculation of Degradation Curves  
(C) 1994 Chris Harbron, SASS, Rowett Research Institute

\*\*\*\*\*

**Cpsels3\***

A: -17.27    B: 85.97    C: 0.0856    Asymptote: 68.70

Residual Sum of Squares: 11.38

Residual Standard Deviation: 2.38

Times:	12.00	24.00	36.00	48.00	72.00	
Measurements:	37.62	59.39	62.03	67.69	69.40	
Fitted values:	37.91	57.67	64.75	67.28	68.52	
K:	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06
P:	59.70	52.41	46.38	41.31	36.99	33.26
K:	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12

P: 30.02 27.16 24.63 22.37 20.34 18.51  
\*\*\*\*\*

**Cpse2s3\***

A: 8.47 B: 59.08 C: 0.0469 Asymptote: 67.55

Residual Sum of Squares: 37.09

Residual Standard Deviation: 4.31

Times: 12.00 24.00 36.00 48.00 72.00

Measurements: 32.88 52.42 52.30 61.81 66.40

Fitted values: 33.91 48.39 56.64 61.34 65.54

K: 0.01 0.02 0.03 0.04 0.05 0.06

P: 57.17 49.89 44.51 40.36 37.07 34.40

K: 0.07 0.08 0.09 0.10 0.11 0.12

P: 32.18 30.31 28.71 27.34 26.13 25.08

\*\*\*\*\*

**Cpse3s3\***

A: 11.13 B: 55.15 C: 0.0388 Asymptote: 66.28

Residual Sum of Squares: 30.09

Residual Standard Deviation: 3.88

Times: 12.00 24.00 36.00 48.00 72.00

Measurements: 31.35 46.45 48.61 60.83 62.23

Fitted values: 31.66 44.55 52.64 57.72 62.91

K: 0.01 0.02 0.03 0.04 0.05 0.06

P: 54.98 47.52 42.23 38.29 35.23 32.79

K: 0.07 0.08 0.09 0.10 0.11 0.12

P: 30.80 29.14 27.75 26.55 25.51 24.61

\*\*\*\*\*

**Cpee1s3\***

A: 16.19 B: 56.79 C: 0.0453 Asymptote: 72.98

Residual Sum of Squares: 86.97

Residual Standard Deviation: 6.59

Times: 12.00 24.00 36.00 48.00 72.00

Measurements: 38.62 59.57 54.94 68.45 71.52

Fitted values: 40.02 53.85 61.88 66.54 70.81

K: 0.01 0.02 0.03 0.04 0.05 0.06

P: 62.72 55.60 50.37 46.36 43.20 40.64  
 K: 0.07 0.08 0.09 0.10 0.11 0.12  
 P: 38.52 36.74 35.22 33.91 32.77 31.77

\*\*\*\*\*

**Cpee2s3\***

A: 7.13 B: 59.82 C: 0.0415 Asymptote: 66.96

Residual Sum of Squares: 140.09

Residual Standard Deviation: 8.37

Times: 12.00 24.00 36.00 48.00 72.00

Measurements: 28.78 52.15 44.79 61.40 64.66

Fitted values: 30.61 44.87 53.54 58.81 63.95

K: 0.01 0.02 0.03 0.04 0.05 0.06

P: 55.35 47.51 41.87 37.60 34.28 31.60

K: 0.07 0.08 0.09 0.10 0.11 0.12

P: 29.41 27.58 26.02 24.69 23.53 22.51

\*\*\*\*\*

**Cpee3s3\***

A: 3.01 B: 60.21 C: 0.0435 Asymptote: 63.21

Residual Sum of Squares: 1.96

Residual Standard Deviation: 0.99

Times: 12.00 24.00 36.00 48.00 72.00

Measurements: 27.59 41.85 49.97 56.88 60.13

Fitted values: 27.48 42.00 50.62 55.74 60.58

K: 0.01 0.02 0.03 0.04 0.05 0.06

P: 51.95 44.24 38.63 34.36 31.01 28.30

K: 0.07 0.08 0.09 0.10 0.11 0.12

P: 26.07 24.20 22.61 21.25 20.06 19.02

\*\*\*\*\* NOWAY \*\*\*\*\*

A Program for the Calculation of Degredation Curves  
 (C) 1994 Chris Harbron, SASS, Rowett Research Institute

\*\*\*\*\*

**Cppe1s4\***

A: -34.14 B: 113.41 C: 0.0860 Asymptote: 79.28

Residual Sum of Squares: 1.68

Residual Standard Deviation: 0.92

Times: 12.00 24.00 36.00 48.00 72.00

Measurements: 38.81 65.24 74.11 76.47 79.81

Fitted values: 38.89 64.89 74.16 77.45 79.05

K: 0.01 0.02 0.03 0.04 0.05 0.06

P: 67.47 57.89 49.96 43.28 37.59 32.68

K: 0.07 0.08 0.09 0.10 0.11 0.12

P: 28.40 24.63 21.29 18.32 15.64 13.22

\*\*\*\*\*

**Cppe2s4\***

A: -65.53 B: 135.91 C: 0.0963 Asymptote: 70.38

Residual Sum of Squares: 28.33

Residual Standard Deviation: 3.76

Times: 12.00 24.00 36.00 48.00 72.00

Measurements: 27.20 59.41 61.83 69.42 72.04

Fitted values: 27.58 56.90 66.13 69.04 70.24

K: 0.01 0.02 0.03 0.04 0.05 0.06

P: 57.59 47.00 38.09 30.49 23.93 18.20

K: 0.07 0.08 0.09 0.10 0.11 0.12

P: 13.17 8.70 4.72 1.14 -2.09 -5.03

\*\*\*\*\*

**Cppe3s4\***

A: -54.53 B: 129.44 C: 0.0807 Asymptote: 74.91

Residual Sum of Squares: 0.69

Residual Standard Deviation: 0.59

Times: 12.00 24.00 36.00 48.00 72.00

Measurements: 25.72 56.41 67.94 71.55 74.97

Fitted values: 25.76 56.25 67.83 72.22 74.53

K: 0.01 0.02 0.03 0.04 0.05 0.06

P: 60.64 49.20 39.83 32.02 25.39 19.71

K: 0.07 0.08 0.09 0.10 0.11 0.12

P: 14.79 10.47 6.67 3.28 0.25 -2.48

## A5. PROCEDIMIENTO DEL PROGRAMA NOWAY: DEGRADACION DE LA MATERIA SECA EN LA HACIENDA OLOCUILTA DEL PASTO SWAZI, PANGOLA Y ESTRELLA.

\*\*\*\*\* NOWAY \*\*\*\*\*

A Program for the Calculation of Degredation Curves  
(C) 1994 Chris Harbron, SASS, Rowett Research Institute

\*\*\*\*\*

### Opse1s1\*

A: -25.56    B: 91.37    C: 0.0663    Asymptote: 65.81  
Residual Sum of Squares: 12.05  
Residual Standard Deviation: 2.45  
Times:            12.00    24.00    36.00    48.00    72.00  
Measurements:    24.17    49.25    54.75    62.41    65.71  
Fitted values:    24.59    47.22    57.42    62.02    65.04  
K:    0.01    0.02    0.03    0.04    0.05    0.06  
P:    53.84    44.64    37.36    31.44    26.54    22.42  
K:    0.07    0.08    0.09    0.10    0.11    0.12  
P:    18.90    15.86    13.21    10.88    8.81    6.97

\*\*\*\*\*

### Opse2s1\*

A: -0.47    B: 68.76    C: 0.0705    Asymptote: 68.29  
Residual Sum of Squares: 7.78  
Residual Standard Deviation: 1.97  
Times:            12.00    24.00    36.00    48.00    72.00  
Measurements:    38.43    57.33    61.15    65.22    69.00  
Fitted values:    38.80    55.64    62.87    65.96    67.86  
K:    0.01    0.02    0.03    0.04    0.05    0.06  
P:    59.75    53.10    47.77    43.41    39.77    36.69  
K:    0.07    0.08    0.09    0.10    0.11    0.12  
P:    34.04    31.75    29.74    27.97    26.40    24.99

\*\*\*\*\*

### Opse3s1\*

A: 4.57    B: 62.74    C: 0.0643    Asymptote: 67.31

Residual Sum of Squares: 18.33  
 Residual Standard Deviation: 3.03  
 Times:           12.00   24.00   36.00   48.00   72.00  
 Measurements:   37.72   56.59   58.04   64.30   67.84  
 Fitted values:   38.31   53.91   61.12   64.45   66.70  
 K:    0.01    0.02    0.03    0.04    0.05    0.06  
 P:   58.87   52.43   47.35   43.25   39.87   37.03  
 K:    0.07    0.08    0.09    0.10    0.11    0.12  
 P:   34.61   32.53   30.72   29.13   27.72   26.46

\*\*\*\*\*

**Opeels1\***

A: 4.69       B: 65.99       C: 0.0642   Asymptote: 70.68  
 Residual Sum of Squares: 1.02  
 Residual Standard Deviation: 0.71  
 Times:           12.00   24.00   36.00   48.00   72.00  
 Measurements:   40.01   56.93   64.11   66.88   70.54  
 Fitted values:   40.12   56.53   64.13   67.65   70.03  
 K:    0.01    0.02    0.03    0.04    0.05    0.06  
 P:   61.78   55.00   49.66   45.34   41.78   38.79  
 K:    0.07    0.08    0.09    0.10    0.11    0.12  
 P:   36.25   34.06   32.16   30.48   29.00   27.68

\*\*\*\*\*

**Opee2s1\***

A: -4.92       B: 67.43       C: 0.0713   Asymptote: 62.51  
 Residual Sum of Squares: 2.92  
 Residual Standard Deviation: 1.21  
 Times:           12.00   24.00   36.00   48.00   72.00  
 Measurements:   33.75   50.57   57.78   58.89   62.91  
 Fitted values:   33.84   50.32   57.33   60.30   62.11  
 K:    0.01    0.02    0.03    0.04    0.05    0.06  
 P:   54.21   47.73   42.53   38.27   34.71   31.69  
 K:    0.07    0.08    0.09    0.10    0.11    0.12  
 P:   29.10   26.85   24.88   23.14   21.59   20.21

\*\*\*\*\*

**Opee3s1\***

A: 6.69      B: 55.03      C: 0.0582      Asymptote: 61.72  
Residual Sum of Squares: 2.28  
Residual Standard Deviation: 1.07  
Times:            12.00    24.00    36.00    48.00    72.00  
Measurements:    34.11    48.89    54.68    57.33    61.59  
Fitted values:    34.34    48.09    54.94    58.35    60.88  
K:    0.01    0.02    0.03    0.04    0.05    0.06  
P:    53.65    47.64    42.99    39.30    36.28    33.78  
K:    0.07    0.08    0.09    0.10    0.11    0.12  
P:    31.66    29.86    28.29    26.93    25.72    24.66

\*\*\*\*\* NOWAY \*\*\*\*\*

A Program for the Calculation of Degredation Curves  
(C) 1994 Chris Harbron, SASS, Rowett Research Institute

\*\*\*\*\*

**Oppels2\***

A: -17.35    B: 102.67    C: 0.0552    Asymptote: 85.32  
Residual Sum of Squares: 74.54  
Residual Standard Deviation: 6.10  
Times:            12.00    24.00    36.00    48.00    72.00  
Measurements:    33.79    52.20    77.03    78.78    81.23  
Fitted values:    32.36    58.00    71.23    78.05    83.39  
K:    0.01    0.02    0.03    0.04    0.05    0.06  
P:    69.56    58.00    49.15    42.17    36.51    31.83  
K:    0.07    0.08    0.09    0.10    0.11    0.12  
P:    27.90    24.55    21.67    19.15    16.94    14.98

\*\*\*\*\*

**Oppe2s2\***

A: -20.01    B: 91.85    C: 0.0665    Asymptote: 71.84  
Residual Sum of Squares: 12.16  
Residual Standard Deviation: 2.47  
Times:            12.00    24.00    36.00    48.00    72.00  
Measurements:    30.06    54.71    63.06    65.54    72.87  
Fitted values:    30.46    53.20    63.44    68.06    71.07  
K:    0.01    0.02    0.03    0.04    0.05    0.06  
P:    59.83    50.59    43.27    37.33    32.40    28.26

K: 0.07 0.08 0.09 0.10 0.11 0.12  
P: 24.72 21.67 19.00 16.66 14.58 12.73

\*\*\*\*\*

**Oppe3s2\***

A: -10.15 B: 87.00 C: 0.0600 Asymptote: 76.85

Residual Sum of Squares: 10.60

Residual Standard Deviation: 2.30

Times: 12.00 24.00 36.00 48.00 72.00

Measurements: 34.13 57.37 67.09 69.37 77.23

Fitted values: 34.49 56.23 66.81 71.96 75.69

K: 0.01 0.02 0.03 0.04 0.05 0.06

P: 64.42 55.10 47.84 42.04 37.30 33.34

K: 0.07 0.08 0.09 0.10 0.11 0.12

P: 30.00 27.13 24.64 22.47 20.55 18.84

\*\*\*\*\* NOWAY \*\*\*\*\*

A Program for the Calculation of Degredation Curves  
(C) 1994 Chris Harbron, SASS, Rowett Research Institute

\*\*\*\*\*

**Opsels3\***

A: -18.96 B: 87.72 C: 0.0589 Asymptote: 68.76

Residual Sum of Squares: 2.04

Residual Standard Deviation: 1.01

Times: 12.00 24.00 36.00 48.00 72.00

Measurements: 25.43 47.53 58.84 62.40 68.04

Fitted values: 25.50 47.43 58.24 63.57 67.50

K: 0.01 0.02 0.03 0.04 0.05 0.06

P: 56.03 46.53 39.16 33.29 28.49 24.50

K: 0.07 0.08 0.09 0.10 0.11 0.12

P: 21.13 18.24 15.75 13.56 11.64 9.93

\*\*\*\*\*

**Opse2s3\***

A: -3.23 B: 76.07 C: 0.0418 Asymptote: 72.84

Residual Sum of Squares: 27.31

Residual Standard Deviation: 3.70

Times:	12.00	24.00	36.00	48.00	72.00	
Measurements:	26.60	46.28	52.25	65.93	68.19	
Fitted values:	26.75	44.92	55.92	62.59	69.08	
K:	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06
P:	58.14	48.20	41.04	35.62	31.39	27.98
K:	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12
P:	25.19	22.86	20.88	19.18	17.70	16.41

\*\*\*\*\*

**Opse3s3\***

A: -7.41    B: 76.38    C: 0.0465    Asymptote: 68.97

Residual Sum of Squares: 19.21

Residual Standard Deviation: 3.10

Times:	12.00	24.00	36.00	48.00	72.00	
Measurements:	24.67	45.40	55.66	57.20	68.01	
Fitted values:	25.26	43.96	54.66	60.78	66.29	
K:	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06
P:	55.46	46.00	39.02	33.66	29.40	25.94
K:	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12
P:	23.08	20.67	18.61	16.84	15.29	13.93

\*\*\*\*\*

**Opee1s3\***

A: -14.89    B: 88.21    C: 0.0551    Asymptote: 73.32

Residual Sum of Squares: 25.79

Residual Standard Deviation: 3.59

Times:	12.00	24.00	36.00	48.00	72.00	
Measurements:	28.63	46.35	64.46	67.73	70.27	
Fitted values:	27.77	49.80	61.17	67.05	71.65	
K:	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06
P:	59.77	49.82	42.22	36.21	31.35	27.33
K:	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12
P:	23.95	21.08	18.60	16.44	14.54	12.86

\*\*\*\*\*

**Opee2s3\***

A: -25.24    B: 93.47    C: 0.0482    Asymptote: 68.22

Residual Sum of Squares: 153.77  
 Residual Standard Deviation: 8.77  
 Times:           12.00   24.00   36.00   48.00   72.00  
 Measurements:   15.64   41.27   43.50   67.52   62.68  
 Fitted values:   15.79   38.81   51.73   58.97   65.31  
 K:    0.01    0.02    0.03    0.04    0.05    0.06  
 P:   52.16   40.80   32.36   25.82   20.62   16.38  
 K:    0.07    0.08    0.09    0.10    0.11    0.12  
 P:   12.86    9.89    7.34    5.15    3.22    1.53

\*\*\*\*\*

**Opee3s3\***

A: -20.25   B: 85.25   C: 0.0506   Asymptote: 65.01  
 Residual Sum of Squares: 9.04  
 Residual Standard Deviation: 2.13  
 Times:           12.00   24.00   36.00   48.00   72.00  
 Measurements:   17.99   41.65   50.28   55.88   63.97  
 Fitted values:   18.56   39.71   51.22   57.50   62.78  
 K:    0.01    0.02    0.03    0.04    0.05    0.06  
 P:   50.94   40.86   33.28   27.37   22.64   18.76  
 K:    0.07    0.08    0.09    0.10    0.11    0.12  
 P:   15.53   12.79   10.44    8.40    6.62    5.05

\*\*\*\*\* NOWAY \*\*\*\*\*

A Program for the Calculation of Degredation Curves  
 (C) 1994 Chris Harbron, SASS, Rowett Research Institute

\*\*\*\*\*

**Oppels4\***

A: 2.53    B: 76.54   C: 0.0496   Asymptote: 79.07  
 Residual Sum of Squares: 1.44  
 Residual Standard Deviation: 0.85  
 Times:           12.00   24.00   36.00   48.00   72.00  
 Measurements:   37.10   54.96   66.77   72.47   76.50  
 Fitted values:   36.86   55.79   66.23   71.99   76.92  
 K:    0.01    0.02    0.03    0.04    0.05    0.06  
 P:   66.23   57.08   50.22   44.90   40.65   37.17  
 K:    0.07    0.08    0.09    0.10    0.11    0.12

P: 34.27 31.82 29.73 27.91 26.32 24.92

\*\*\*\*\*

**Oppe2s4\***

A: -10.77 B: 81.21 C: 0.0465 Asymptote: 70.44

Residual Sum of Squares: 1.17

Residual Standard Deviation: 0.77

Times: 12.00 24.00 36.00 48.00 72.00

Measurements: 23.73 44.61 54.64 61.42 67.90

Fitted values: 23.95 43.83 55.21 61.72 67.59

K: 0.01 0.02 0.03 0.04 0.05 0.06

P: 56.07 46.01 38.59 32.88 28.36 24.68

K: 0.07 0.08 0.09 0.10 0.11 0.12

P: 21.64 19.08 16.89 15.00 13.36 11.91

\*\*\*\*\*

**Oppe3s4\***

A: 1.96 B: 77.05 C: 0.0334 Asymptote: 79.00

Residual Sum of Squares: 2.79

Residual Standard Deviation: 1.18

Times: 12.00 24.00 36.00 48.00 72.00

Measurements: 27.55 44.43 54.94 64.83 71.64

Fitted values: 27.43 44.48 55.89 63.53 72.07

K: 0.01 0.02 0.03 0.04 0.05 0.06

P: 61.27 50.17 42.57 37.04 32.84 29.53

K: 0.07 0.08 0.09 0.10 0.11 0.12

P: 26.87 24.67 22.83 21.27 19.92 18.75

## **A6. GLOSARIO**

**CENIZA:** Las cenizas de los productos alimentarios están constituidas por el residuo inorgánico que queda después de que la materia orgánica se ha quemado (Harold et al., 1976).

**DEGRADABILIDAD:** Capacidad de descomposición biológica o química de los compuestos orgánicos por acción del metabolismo de los microorganismos.

**DEGRADABILIDAD POTENCIAL (a+b):** Material ideal que se desea degradar efectivamente en un momento dado.

**DER:** Degradabilidad Efectiva Ruminal; es la velocidad con la que pasa el alimento a través del tracto digestivo del animal.

**DIGESTIBILIDAD:** Facilidad de un alimento para ser digerido.

**ENSILAJE:** Forraje conservado en estado succulento, mediante una fermentación parcial.

**ESTABULACION:** Se refiere a la crianza y cuidado de los animales en los establos.

**ESTOLÓN:** Un tallo rastrero, sobre la superficie del terreno o bajo ella, capaz de formar raíces o brotes en los nudos.

**EXTRACTO ETereo:** Conjunto de sustancias que pueden ser extraídas con Hexano, Éter anhidro y Éter de petróleo. El contenido en grasa incluye además de los esteres de los ácidos grasos con el glicerol a los fosfolipidos, las lecitinas, los esteroides, las ceras, los ácidos grasos libres, los carotenoides, la clorofila y otros pigmentos (Hart et al., 1971).

**FIBRA ACIDO DETERGENTE:** Es el residuo que queda después de tratar una muestra de alimento con una solución de bromuro de cetil trimetil amonio en ácido sulfúrico 1N. Este residuo corresponde a una fracción de lignocelulosa, minerales, algunas hemicelulosas, pectinas y taninos.

**FIBRA CRUDA:** Se refiere al residuo orgánico combustible e insoluble (formado principalmente por celulosa, lignina, hemicelulosa; conjuntamente con arena, sílice y otras sustancias minerales incluidas en los tejidos) que queda de las paredes celulares después de tratar la muestra.

**FIBRA NEUTRO DETERGENTE:** Divide la materia seca de los alimentos en constituyentes solubles y nutricionalmente disponible (98%) y de lo que son aprovechados de manera incompleta y dependen de la fermentación.

**FORRAJE:** Alimentos herbáceos o arbustivos que son utilizables para pastoreo o puede ser cosechado y/o conservado para la alimentación animal, los cuales se refieren únicamente a materiales como los pastos, heno, el ensilaje y los alimentos verdes.

**FORRAJE SECO:** Gramíneas bastas, como el maíz o el sorgo, cosechadas con las semillas y las hojas, y desecadas para destinarlas a la alimentación de los animales.

**HUMEDAD PARCIAL:** Pérdida del agua no ligada por calentamiento de la muestra en una estufa de aire reforzado a una temperatura de 60°C durante 24 horas.

**HUMEDAD TOTAL:** Pérdida del agua fuertemente ligada en la muestra por desecación en una estufa de vacío, a una temperatura de 105°C por 5 horas y 5 PSI de presión.

**IN VITRO:** En vidrio; en un tubo de ensayo; fuera del organismo; como la digestión *in vitro*.

**IN VIVO:** En un organismo vivo, como un animal o una planta.

**MATERIA SECA, POR CIENTO:** La sustancia de la planta sin agua; se determina secando en estufa una muestra de un peso dado, pesando el resultado y calculando el tanto por ciento.

**PANZA O RUMEN:** El primer compartimiento del estomago de un rumiante o animal que rumia.

**PASTO:** Planta de la familia de las gramíneas (Poáceas) en términos estrictos; también se incluyen otras plantas herbáceas de monocotiledóneas y de otras familias botánicas que sean consumidas por los animales.

**PASTOREO:** Defoliación por los animales de la parte aérea de plantas enraizadas. También se dice llevar el ganado al campo para hacerlo pacer.

**pH:** La escala del pH es la medida química de la acidez y de la alcalinidad. Un pH de 7 es neutro: un pH mayor que 7 representa alcalinidad, y menor que 7, acidez.

**PROTEINA CRUDA:** Una gran proporción del nitrógeno de los alimentos se encuentra también en forma proteica y por lo tanto es conveniente y casi universal expresar tanto los requerimientos del nitrógeno como el contenido de los alimentos en términos de proteínas.

**TECNICA IN SITU (*in sacco*):** Describe la cinética de degradación de los alimentos en el rumen mediante la desaparición del sustrato (Orskov; et al, 1980).

**Figura A-1. Incidiendo las capas musculares.**



**Figura A-2. Colocación de la fístula ruminal.**



**Figura A-3. Remojo de la muestra en el erlenmeyer.**



**Figura A-4. Fijación de papel filtro al embudo.**



**Figura A-5. Residuo en el papel filtro.**



**Figura A-6. Amarrado de las bolsas para incubar.**

