

**EVALUACION NUTRICIONAL DE LA TARTA (*Otholobium mexicanum*), EN EL
LEVANTE DE TERNERAS HOLSTEIN Y “DIGESTIBILIDAD *In situ*” EN OVINOS**

**CARLOS HERNANDO FIGUEROA CORAL
HENRY TULIO SANCHEZ MORENO**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
PROGRAMA DE ZOOTECNIA
PASTO - COLOMBIA
2006**

**EVALUACION NUTRICIONAL DE LA TARTA (*Otholobium mexicanum*), EN EL
LEVANTE DE TERNERAS HOLSTEIN Y “DIGESTIBILIDAD *In situ*” EN OVINOS**

**CARLOS HERNANDO FIGUEROA CORAL
HENRY TULIO SANCHEZ MORENO**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de
Zootecnista**

**Director:
OSCAR ANTONIO MONCAYO OTERO
Zoot.**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
PROGRAMA DE ZOOTECNIA
PASTO - COLOMBIA
2006**

Nota de aceptación:

OSCAR ANTONIO MONCAYO OTERO. Zoot. (Director)

HERNAN OJEDA JURADO. Zoot. (Jurado delegado)

EDMUNDO APRAEZ GUERRERO. Zoot., M. Sc., Ph.D. (Jurado)

Pasto, mayo de 2006.

“Las ideas y conclusiones aportadas en la tesis de grado son responsabilidad exclusiva de sus autores”

Artículo 1º del Acuerdo N° 324 de octubre de 1966, emanado de Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Dedico a:

Mi Madre Martha Cecilia Coral Vallejo por su apoyo incondicional

Mis Hermanas: Raquel, Martha Lucia y Maria Esther, por su colaboración

Mis Amigos: Giovanni Caiza, Yuli Arteaga y Oscar Moncayo, por su colaboración en los momentos que más los necesité.

A todas aquellas personas que me brindaron su apoyo moral y desinteresado en la realización de este trabajo.

CARLOS HERNANDO FIGUEROA CORAL

Dedico a:

Mis padres

Mis hermanos

Mis amigos

HENRY TULIO SANCHEZ MORENO

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

Edmundo Apráez G.

Zoot., M. Sc., Ph. D.

Hernan Ojeda Jurado

Zoot. Esp.

Oscar Antonio Moncayo Otero

Zoot.

Luis Rafael Boada C.

Zoot., M. Sc.

Luis Alfonso Solarte P.

Zoot

Sandra Espinoza

Ing en Prod Acuícola.

Miryam Lozano

Secretaria

Facultad de Ciencias Pecuarias, Programa de Zootecnia de la Universidad de Nariño.

Todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron al la culminación del trabajo.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	19
1 DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	20
2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	21
3. OBJETIVOS	22
3.1 OBJETIVO GENERAL	22
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
4. MARCO TEÓRICO	23
4.1 DIGESTIÓN EN RUMIANTES	23
4.1.1 Consideraciones anatomo – fisiológicas	24
4.1.2 Bacterias del rumen.	25
4.2 DETERMINACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD	25
4.2.1 Métodos especiales para determinar la digestibilidad.	25
4.3 FACTORES QUE AFECTAN LA DIGESTIBILIDAD	27
4.3.1 Nivel de Consumo.	27
4.3.2 Fase de madurez.	27
4.3.3 Alcaloides.	28
4.3.4 Sílice.	28
4.4 ESPECIES FORRAJERAS NO CONVENCIONALES COMO FUENTE DE PROTEÍNA PARA LA PRODUCCIÓN ANIMAL EN EL TRÓPICO PARA LA PRODUCCIÓN ANIMAL EN EL TRÓPICO	28
4.4.1 Importancia ecológica de las arbóreas y arbustivas.	28
4.4.2 Calidad nutritiva de las especies arbóreas y arbustivas.	29

	pág.
4.5 TARTA (<i>Otholobium mexicanum</i>)	33
4.5.1 Clasificación botánica.	33
4.5.2 Aspectos botánicos.	32
4.5.3 Adaptación.	34
5. DISEÑO METODOLÓGICO	35
5.1 LOCALIZACIÓN	35
5.2 INSTALACIONES	35
5.3 ANIMALES	35
5.4 PLAN DE MANEJO	36
5.5 PRUEBAS DE LABORATORIO	36
5.6 ALIMENTO Y ALIMENTACIÓN	36
5.7 TRATAMIENTOS	36
5.8 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	39
5.9 VARIABLES EVALUADAS	40
5.9.1 Digestibilidad <i>In situ</i> .	39
5.9.2 Incremento de peso.	40
5.9.3 Consumo del suplemento.	40
5.9.4 Conversión alimenticia.	40
5.9.5 Análisis económico.	40
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
6.1 PRODUCCIÓN DE FITOMASA	41
6.2 COMPOSICIÓN BROMATOLÓGICA	43
6.3 PRUEBA DE DIGESTIBILIDAD <i>In situ</i>	48
6.3.1 Digestibilidad de la materia seca (DMS).	48
6.3.2 Digestibilidad de la proteína (DPROT).	50

	pág.
6.3.3 Digestibilidad de la FDA (DFDA).	52
6.3.4 Digestibilidad de la FDN (DFDN).	54
6.3.5 Digestibilidad del ELN (DELN).	55
6.4 PRUEBA DE COMPORTAMIENTO	56
6.4.1 Consumo de materia seca (CMS).	56
6.4.2 Incremento de peso.	58
6.4.3 Conversión alimenticia.	61
6.5 ANÁLISIS ECONÓMICO	63
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	65
7.1 CONCLUSIONES	65
7.2 RECOMENDACIONES	66
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
9. ANEXOS	71

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Composición del suplemento comercial	37
Tabla 2. Suplemento con 25 % de Tarta (<i>O. mexicanum</i>).	37
Tabla 3. Suplemento con 50 % de Tarta (<i>O. mexicanum</i>).	37
Tabla 4. Composición del kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i>) utilizado como alimento base.	38
Tabla 5. Distribución de los periodos y tratamientos en el experimento	39
Tabla 6. Producción de fitomasa comestible de la Tarta (<i>O. mexicanum</i>) en condiciones naturales	41
Tabla 7. Composición bromatológica de la Tarta (<i>O. mexicanum</i>)	44
Tabla 8. Porcentajes de digestibilidad <i>In situ</i> de la Tarta (<i>O. mexicanum</i>)	49
Tabla 9. Comportamiento animal de novillas suplementadas con tarta (<i>O. mexicanum</i>)	57
Tabla 10. Aportes de proteína y NDT de las dietas experimentales.	60
Tabla 11. Costo de suplemento de las dietas experimentales (\$/kg) año 2005	63
Tabla 10. Beneficio neto parcial por incremento de peso vivo	57

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Hábitos de crecimiento y características del sistema radicular de la tarta (<i>O. mexicanum</i>)	42
Figura 2. La tarta (<i>O. mexicanum</i>) en estado de prefloración	45
Figura 3. Digestibilidad <i>In situ</i> de la materia seca	49
Figura 4. Digestibilidad <i>In situ</i> de la proteína	51
Figura 5. Digestibilidad <i>In situ</i> de la FDA	53
Figura 6. Digestibilidad <i>In situ</i> de la FDN	55
Figura 7. Digestibilidad <i>In situ</i> del ELN	56
Figura 8. Consumo de materia seca de novillas suplementadas con tarta (<i>O. mexicanum</i>) (kg/animal/día)	58
Figura 9. Incremento de peso de novillas suplementadas con tarta (<i>O. mexicanum</i>) (kg/animal/día)	59
Figura 10 . Conversión alimenticia de novillas suplementadas con tarta (<i>O. mexicanum</i>)	62

LISTA DE ANEXOS

	pag.
Anexo A. Análisis de varianza para la prueba de digestibilidad <i>In situ</i>	71
Anexo B. Análisis de varianza para la prueba de comportamiento	71
Anexo C. Análisis de varianza para la regresión, variable dependiente: digestibilidad <i>In situ</i> de la materia seca	72
Anexo D. Análisis de varianza para la regresión, variable dependiente: digestibilidad <i>In situ</i> de la proteína.	72
Anexo E. Análisis de varianza para la regresión, variable dependiente: digestibilidad <i>In situ</i> de la FDN.	73
Anexo F. Análisis de varianza para la regresión, variable dependiente: digestibilidad <i>In situ</i> de la FDA.	73
Anexo G. Análisis de varianza para la regresión, variable dependiente: digestibilidad <i>In situ</i> del ELN.	74

GLOSARIO

ARTEFACTO LIGNOCELULÓSICO: sistema de asociación química que la lignina forma con otros compuestos de la pared celular como la celulosa y hemicelulosa que ejerce influencia negativa sobre la digestibilidad de la fibra.

COMPOSICIÓN VERTICAL: composición química de cada una de las partes que forman la estructura total de la planta desde la raíz hasta la parte más alta.

DIGESTIBILIDAD *In situ*: técnica mediante la cual se determina la desaparición de los componentes nutritivos de un alimento en un determinado tramo del tracto gastrointestinal.

DIGESTIBILIDAD *In vivo*: corresponde a una medida de la proporción del alimento que es digestible, se mide típicamente como la diferencia entre la cantidad ingerida y la cantidad excretada como porcentaje del total ingerido.

EDAFOCLIMÁTICO: conjunto de características del suelo y el clima que determinan en buena parte la productividad vegetal.

FERMENTACIÓN: transformación bioquímica de un alimento en ausencia del oxígeno por microflora del rumen o el ciego con producción de ácidos grasos volátiles y gases, tales como bióxido de carbono (CO₂) y metano.

FÍSTULA RUMINAL: Intervención quirúrgica realizada a un rumiante con el objeto de comunicar el interior del rumen con el exterior mediante la implantación de una cánula con fines experimentales.

MICROBIOTA: conjunto de microorganismos (bacterias, hongos y protozoarios) de un determinado hospedador que han desarrollado una relación íntima (simbiosis) con el huésped.

PARED CELULAR: comprende la hemicelulosa, celulosa, lignina y pectinas que pueden ser cuantificadas por el proceso de fibra neutro detergente.

TRACTO GASTROINTESTINAL (TGI): sistema comprendido entre la boca y el ano, compuesto por el estómago, intestino delgado e intestino grueso, es responsable de descomponer y absorber los alimentos ingeridos.

RESUMEN

La prueba de comportamiento animal se realizó en la finca “Campanillo” ubicada en el Corregimiento de la Caldera Municipio de Pasto, a una altitud de 2100 msnm, temperatura promedio 13 – 14,2 °C y una precipitación de 1100 m.m anuales. La prueba de digestibilidad “In situ”, se llevó a cabo en La Universidad de Nariño sede Torobajo, Municipio de Pasto, departamento de Nariño, a una altitud de 2700 msnm; una precipitación pluvial promedia anual de 850 mm y una temperatura media por año de 12°C

Se realizaron pruebas de digestibilidad *In situ* y comportamiento en peso. Para la primera se utilizaron tres ovinos machos fistulados en rumen y peso promedio de 50 kg. Para segunda se utilizaron nueve hembras Holstein con peso promedio de 150 kg. Todos los animales con una edad aproximada de un año.

Mediante un diseño de bloques al azar se estableció que la digestibilidad *In situ* de la tarta muestra valores superiores al 95% para las fracciones materia seca, proteína y ELN, mientras que para la pared celular los valores estuvieron entre 60.79 y 73.38% de desaparición a las 72 horas de incubación, resultados que reflejaron su alto potencial nutricional.

La prueba de comportamiento en peso se valoró bajo un diseño Swich Back. **Se** encontró que la inclusión del 50% de harina de tarta como materia prima en el suplemento estimula significativamente ($P < 0.01$) el consumo total de materia seca (5.10 kg/animal/día), en tanto que los mejores incrementos de peso se lograron con un nivel de inclusión de tarta del 25%, comportamiento que posiblemente obedeció a que esta dieta aportó una mayor complementariedad de aminoácidos al incluir harina de tarta y torta de soya en su formulación.

El análisis económico mostró que el suplemento de mayor costo fue el comercial (\$575) seguido del suplemento con 25% de tarta (\$ 413.62); con la inclusión de 50% de tarta se obtuvo el menor costo por kg (\$ 318.6). Los menores costos observados en los suplementos con tarta obedecieron al bajo valor de este forraje ya que por ser de crecimiento silvestre no se incurrió en gastos por labores de manejo como cultivo y fertilización. El mayor beneficio neto lo presentaron aquellos animales del T1 (\$245.728/animal/periodo), seguido de T2 (\$155.843/animal/periodo). El T0 (concentrado comercial) presentó el menor beneficio neto (\$-35/animal/periodo).

ABSTRACT

The test of animal behavior was carried in the locality "Campanillo", Municipality of Nariño, to an altitude of 2100 msnm, temperature average 13 - 14,2 °C and a rainfall of 1100 m.m annual. The test of digestibility " In situ ", one took to end in Nariño's University, Torobajo, Municipality of Pasto, Nariño's department, to an altitude of 2700 msnm; a rain rainfall mediates annual of 850 mm and an average temperature for year of 12°C.

There were realized tests of digestibility In situ and behavior in weight. For the first one three sheep males fistulates were used in rumen and I weigh average of 50 kg. For second there were useds nine females Holstein with weight average of 150 kg. All the animals had an approximate age of one year.

By means of a design of blocks at random it was established that the digestibility In situ of the tart shows values majors to 95 % for the fractions dry matter, protein and ELN, whereas for the cellular wall the values went between 60.79 and 73.38 % of disappearance to 72 hours of incubation, results that reflected his potential nutritional high place.

The proof of behavior for weight was valued under a design Swich Back. One thought that the incorporation of 50 % of flour of tart like raw material in the supplement stimulates significantly ($P < 0.01$) the total consumption of matter dries (5.10 kg / animal / day), while the best increases of weight were achieved by a level of incorporation of tart of 25 %, behavior that possibly obeyed that this diet contributed a major complementarity of amino acids on having included flour of tart and cake of soy bean in his formulation.

In agreement to the economic analysis it was found that the supplement of major cost was the commercial one (575 \$) followed by the supplement with 25 % of tart (\$ 413.62); with the incorporation of 50 % of tart the minor cost was obtained by kg (\$ 318.6). The minor costs were observed in the supplements by tart and obeyed the low value of this forage since for being of wild growth one did not incur expenses for labors of managing as culture and fertilization. The major clear benefit they were presented by those animals that consumed the diet corresponding to the T1 (\$245.728 / animal / period), followed of T2 (\$155.843 / animal / period). The T0 (commercial concentrate) presented the minor clear benefit (\$-35 / animal / period).

INTRODUCCIÓN

En las ganaderías colombianas dedicadas a la producción de leche, el manejo más deficiente recae sobre las hembras de reemplazo, ya que su alimentación generalmente se relega al pastoreo en praderas de mala calidad y al forraje rechazado por los animales en producción, lo que impide que las terneras tengan acceso a un forraje que aporte los nutrientes requeridos para esta fase. Como consecuencia de lo anterior se recurre al suministro de concentrado comercial para suplir parte de las necesidades nutricionales, actividad que genera un incremento en el costo de la cría y levante de terneras.

Factores como los altos costos de concentrados y la disminución de la oferta forrajera durante la época seca, hacen necesario buscar e implementar nuevas alternativas alimenticias, para mantener la productividad y asegurar una adecuada alimentación del ganado.

En este orden de ideas, una alternativa importante la constituyen las leguminosas arbóreas adaptadas a la región, ya que además de ser aprovechadas como cercas vivas, captura de carbono y fijación de nitrógeno, proveen forraje tierno y de buena calidad al ganado, labores que además de enmarcarse dentro de los criterios de sostenibilidad, aportan beneficios productivos, agroecológicos y económicos de importancia.

Al respecto, es importante destacar la utilización de técnicas de valoración de alimentos como la digestibilidad *In situ* y pruebas de comportamiento animal, con el propósito de generar conocimientos nuevos que permitan establecer elementos de juicio para la implementación y utilización de forrajes promisorios en los sistemas de alimentación ganadera.

Con base en los anteriores planteamientos, la presente investigación tuvo como finalidad la valoración nutritiva del forraje de Tarta (*Otholobium mexicanum*) y su efecto en el comportamiento animal de terneras Holstein y su digestibilidad ruminal en ovinos.

1. DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente el departamento de Nariño posee una ganadería de leche progresista, pero afronta diversos problemas técnicos, sanitarios, de manejo y específicamente nutricionales que inciden negativamente sobre los indicadores productivos, reproductivos y económicos. El principal factor que influye sobre este descenso es la época seca, que restringe la oferta forrajera y ocasiona reducción en la productividad de los planteles ganaderos, baja rentabilidad y disminución de la competitividad del sistema.

Igualmente, las épocas críticas de sequía, conllevan a un mal manejo de las praderas, con sobrepastoreo y aumento de la presión sobre los bosques, todo lo cual afecta en forma dramática la sostenibilidad de los ecosistemas. La utilización de árboles forrajeros a partir de la implementación de arreglos silvopastoriles, constituye una propuesta para atenuar parcialmente el problema alimenticio, y contribuir además a controlar la degradación del suelo y restablecer el potencial productivo de las áreas del trópico alto del departamento de Nariño que se han visto afectadas por manejo inadecuado.

2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La apropiación del conocimiento técnico referente al valor nutritivo de la tarta (*Otholobium mexicanum*) contribuirá a la implementación de programas sustentables de alimentación en bovinos?

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Valorar el potencial nutritivo de la tarta (*Otholobium mexicanum*), en la alimentación de terneras Holstein.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ✓ Determinar la composición bromatológica de la tarta (*Otholobium mexicanum*).
- ✓ Evaluar la digestibilidad *In situ* de la materia seca, proteína, fibra detergente neutro y fibra detergente ácida del forraje de tarta (*Otholobium mexicanum*).
- ✓ Valorar el efecto de la inclusión de harina de tarta (*Otholobium mexicanum*) en el comportamiento en peso de terneras Holstein mestizas.
- ✓ Realizar el análisis parcial de costos.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 DIGESTION EN RUMIANTES

Para Esquivel: “Los animales clasificados como rumiantes son herbívoros cuyas dietas están compuestas principalmente de material vegetal, mastican la comida aún cuando no ingieren alimentos; esta acción se la conoce como “rumia” y es parte del proceso que permite obtener energía de las paredes de las células de las plantas (fibra), estructura que les da fuerza y rigidez”¹.

Según Castejón:

El estómago de los rumiantes se caracteriza por poseer cuatro divisiones, a diferencia de los no rumiantes, poseen una característica comparativa en la eficiencia de la utilización de carbohidratos estructurales presentes en las plantas (Celulosa, Hemicelulosa y Pectina) teniendo así una fuente de energía adicional y basando su alimentación en el consumo de forraje. El resto del sistema digestivo (intestino delgado y grueso) cumplen las mismas funciones de la descripción general de los mamíferos².

Dukes complementa que:

Los rumiantes eructan como un mecanismo para liberar los gases (metano y CO₂) producidos por la fermentación de los microorganismos presentes en el rumen, esto lo consiguen por la contracción y dilatación de los diferentes compartimentos. Los rumiantes al nacer presentan su estómago no desarrollado, siendo funcional sólo el abomaso producto de que su alimentación inicial es sólo leche; al ir creciendo y agregar alimento fibroso se estimula el desarrollo de los otros compartimentos del estómago³.

4.1.1 Consideraciones anatómo-fisiológicas. Esquivel⁴ describe el estómago de los rumiantes así:

¹ ESQUIVEL, J. Digestión en la vaca lechera. Infocarne. [online]. 2001. vol 3. N°6. [Septiembre 1 de 2005], p.1. Disponible en la Word Wide Web: www.infocarne.com

² CASTEJON, F. Fundamentos de Fisiología Animal. Ediciones Universidad Navarra, S.A. Pamplona. [online]. 1979. vol 3. N°6 . [mayo 1 de 2006], p. 562 Disponible en la Word Wide Web: http://www.puc.cl/sw_educ/prodanim/digestiv/fii3a.htm

³ DUKES, H. Fisiología de los Animales Domésticos. Tercera Edición. Ediciones Aguilar, S.A. Madrid. 1 969. p. 962.

⁴ Ibid., p.2.

a) Rumen. conocido vulgarmente como panza o herbario, es un órgano musculoso, rugoso y ovoide que se extiende desde el diafragma a la pelvis llenando casi por completo el lado izquierdo de la cavidad abdominal, se divide en cuatro sacos por invaginaciones musculares de las paredes, llamados pilares. Son los llamados saco dorsal y ventral. Su mucosa posee numerosas papilas compuestas de células epiteliales escamosas estratificadas que sufren una profunda descamación, las cuales aumentan considerablemente la superficie de absorción por parte del rumen. El número y tamaño de las papilas depende del tipo del alimento ingerido. Así, las papilas son pequeñas y poco numerosas en animales con alimentación de tipo lácteo, aumentando en número y tamaño cuando además se les suministra forraje.

b) Retículo – rumen. de acuerdo con Castejón⁵, esta cavidad sirve de hábitat a una vasta población microbiana. Es así como este órgano hace las veces de una verdadera cámara de fermentación microbiana, donde los nutrientes sufren su primer proceso degradativo. El retículo, conocido vulgarmente como bonete o redcilla, forma en gran medida una unidad estructural y digestiva con el rumen, ocupando la posición más craneal del estómago. Su mucosa está dispuesta en celdillas más o menos hexagonales, cubiertas de numerosas papilas cónicas. Comunica con el rumen a través del atrio vestibular y con el omaso por el orificio retículo-omasal.

b) Omaso. conocido como libro o librillo, es una cámara pequeña, redondeada, cuya mucosa presenta numerosos pliegues, colocados a maneras de hojas de un libro, que están cubiertas de papilas córneas, cortas, que sugiere una especie de molturación, que van desde el techo y las paredes laterales hacia el suelo. Posee dos orificios, el retículo omasal el omaso-abomasal que, como su nombre indica, comunica el omaso con el abomaso. Ambos dada su disposición sobre la curvatura menor de la cavidad, están muy cerca uno de otro. Durante el paso de la ingesta por el omaso los procesos de fermentación microbiana no se detienen. La función principal de este órgano es, sin embargo, la absorción de agua, sales minerales y ácidos grasos.

c) Abomaso. es considerado el estómago glandular propiamente dicho, donde se inicia la digestión de los alimentos sobre la base de las enzimas digestivas del animal. La mucosa interna presenta dos zonas, una parte interna o fúndica que rodea el orificio omaso-abomasal y la zona pilórica que rodea el píloro que es estrecha y tubular. La zona fúndica presenta varios pliegues no modificables que conducen espiralmente el alimento en dirección al píloro, los cuales desaparecen en el límite de esta zona con la pilórica. Los vacunos adultos segregan alrededor de 30 litros diarios de jugo gástrico. Esta secreción contiene

⁵ Op. cit., p. 560.

diversas enzimas digestivas, entre otras, pepsina y lipasas, como también considerables cantidades de ácido clorhídrico.

4.1.2 Bacterias del rumen. Medrano afirma que:

Las bacterias ruminales son las encargadas de la hidrólisis de la fibra y otros polímeros insolubles vegetales que no pueden ser degradados por las enzimas del animal; son fermentados a AGV, principalmente acético, propiónico y butírico, y a gases CO₂ y CH₄. Los AGV atraviesan las paredes del rumen y pasan a la sangre, luego son oxidados en el hígado y pasan a ser la mayor fuente de energía para las células. Además de las funciones digestivas, los microorganismos del rumen sintetizan aminoácidos y vitaminas, del complejo B⁶.

4.2 DETERMINACION DE LA DIGESTIBILIDAD

Apréaz afirma que "Los análisis bromatológicos, si bien contribuyen a dar una información clara del contenido nutricional de un determinado alimento; todo aquello no permite visualizar los procesos, que este sufre en el tracto digestivo de los animales y que en último reflejan la bondad del pienso, por tanto es importante evaluar la desaparición de los alimentos en su paso por el tracto gastrointestinal"⁷.

4.2.1 Métodos especiales para determinar la digestibilidad. existen diferentes métodos que miden la desaparición de un nutriente en el tracto gastrointestinal, Apréaz⁸ describe los más utilizados a continuación:

1. Método de los indicadores. a través de este método se calcula la digestibilidad añadiendo al alimento una sustancia que sea totalmente indigestible y midiendo su concentración en el alimento en pequeñas muestras de heces de cada animal; la relación que existe entre estas concentraciones da una medida de la digestibilidad.

2. Digestibilidad "In vitro". la digestibilidad de los alimentos para rumiantes puede medirse en el laboratorio, tratándolos con líquido ruminal y tamponado después con pepsina. Este es el llamado método *In vitro* en el cual una muestra de alimento finamente molino se incuba durante 48 horas, en condiciones anaerobias. En una segunda etapa se matan las bacterias acidificando con HCl

⁶ MEDRANO, Jorge. Subproductos agrícolas y su utilización en sistemas integrados de producción. En: Memorias del curso alternativas no tradicionales para la alimentación de rumiantes. Pasto, Colombia: ICA, 1992. p.87.

⁷ APRAEZ, Edmundo. Análisis químico de alimentos. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, Facultad de Zootecnia, 1992. p. 54.

⁸ Ibid, p. 55.

hasta pH 2 y se digieren después incubando con pepsina otras 48 horas. El residuo insoluble se filtra, se seca y se incinera, restando su materia orgánica digestible. En la actualidad se emplea esta técnica para el análisis de los alimentos voluminosos de granja con fines de orientación y para determinar la digestibilidad de muestras pequeñas⁹.

3. Digestibilidad “*In situ*”. Orskov, Hovell y Mould¹⁰ mencionan que la digestibilidad “*In situ*” se determina mediante el uso de bolsas de nylon con el objeto de caracterizar la degradabilidad de los alimentos. Esta técnica ha sido utilizada para estimar de la tasa de desaparición de los constituyentes del alimento evaluado y constituye un medio relativamente sencillo para clasificar los alimentos en términos de su degradabilidad. Los resultados obtenidos en diferentes experimentaciones difieren por el tamaño de las bolsas, la porosidad de la tela utilizada, la preparación de la muestra y el tiempo de incubación en el rumen. La principal fuente de variación, sin embargo, se relaciona con la composición de la dieta básica y el nivel en el cual se ofrece a los animales.

Los mismos autores¹¹ recomiendan tener en cuenta los siguientes aspectos, en la aplicación de ésta técnica:

a). Porosidad de la tela utilizada para la bolsa. en el desarrollo de la técnica se ha demostrado que las características de la tela tienen suma importancia sobre los resultados obtenidos, por lo cual se deben considerar parámetros importantes para poder caracterizar las telas de las bolsas utilizadas en estas pruebas tales como: número de poro por cm², Tamaño de poro y porcentaje de área de paso. Es importante señalar que las telas están constituidas por una serie de hilos que se entrelazan de manera horizontal y vertical , dejando un espacio (poro) entre ellos, cuyas medidas promedian 55.16 por 68.95 micras

b). Variación entre dietas y animales. la dieta básica del animal fistulado tiene un efecto importante sobre la tasa de desaparición de materia seca. Se ha comprobado diferencias entre dietas para la tasa de degradación del heno picado cuando fue colocado en el rumen del ganado Cebú recibiendo dietas de caña de azúcar picada y de heno Pangola, la tasa de desaparición fue de un 18% menor en bolsas incubadas en el rumen de animales recibiendo la caña de azúcar después del periodo de 40 horas de incubación. En ovinos, de una manera similar, la tasa de desaparición de la proteína procedente de diversas harinas vegetales fue más rápida al incubarse las harinas en el rumen de ovejas

⁹ Ibid., p 38.

¹⁰ ORSKOV, E. R. HOVELL, I. D. y MOULD, F. Uso de la técnica de bolsa de nylon para la evaluación de los alimentos. México: Producción animal Tropical, 1980. vol 5. pp. 213 - 233.

¹¹ Ibid, p. 215.

recibiendo una dieta basada pasto fresco en comparación con una dieta de heno probablemente resultaría en una tasa más rápida de recambio en el rumen en la dieta de hierba comparada con la dieta de heno. Sin embargo, la tasa de desaparición de una harina proteica de origen animal (harina de pescado) no difirió en ovejas recibiendo la dieta de cebada entera o hierba deshidratada. Por lo tanto, es importante que los animales fistulados reciban dietas uniformes cuando sean utilizadas para determinar la tasa de degradación de los materiales alimenticios. La variación entre animales puede resolverse al repetirse las mediciones por lo menos en tres animales.

4.3 FACTORES QUE AFECTAN LA DIGESTIBILIDAD

4.3.1 Nivel de Consumo. según Church: "la digestibilidad de los alimentos disminuye con mayores niveles de consumo, esto como consecuencia de una mayor tasa de paso a través del conducto digestivo, e incluyen descensos en la digestibilidad tanto del almidón como de los componentes fibrosos de la dieta"¹².

Así mismo, Bondi afirma que: "los planos de alimentación altos, dan lugar a una reducción en la digestibilidad. El aumento en la cantidad consumida en una ración por los animales determina un ritmo de paso más rápido por el tracto digestivo, lo que proporciona menos tiempo para la digestión y absorción"¹³.

4.3.2 Fase de madurez. Church afirma que: "cuando los forrajes alcanzan su madurez fisiológica experimentan cambios característicos en su composición. Los cambios más destacados son un aumento en la concentración de la fibra en la planta, mientras que descienden las concentraciones de los componentes solubles"¹⁴.

Igualmente Bondi sostiene que: "la fase de madurez de los forrajes influye sobre la digestibilidad; a medida que las plantas maduran aumenta el contenido en pared celular, disminuye el contenido celular soluble y la planta se hace menos digestible"¹⁵.

Para Church: "las ligninas parecen inhibir la degradación de los carbohidratos estructurales de los vegetales por los microorganismo del rumen. Han sido sugeridos varios mecanismos para explicar en qué forma la lignina influye sobre la digestibilidad de las membranas celulares. Entre los mismo se incluye la

¹² CHURCH, D. El rumiante: Fisiología digestiva y nutrición. México: Acibia, 1996. p. 178.

¹³ BONDI, A. Op. cit., p 65.

¹⁴ CHURC, Op. cit., p 68.

¹⁵ BONDI, A. Op. cit., p 45.

incrustación, influencia sobre los microbios del tracto digestivo y la formación de complejos lignina-polisacáridos"¹⁴.

4.3.3 Alcaloides. de acuerdo con Bondi: "algunos alcaloides como la perlolina inhiben la digestión de la celulosa así como la producción de AGV y el crecimiento de las bacterias celulolíticas, reduciendo así la disponibilidad de energía y de otros nutrientes para el animal"¹⁶.

4.3.4 Sílice. Van Soest afirma que:

Uno de los minerales presentes en la estructura vegetal es el sílice, que es usado como un complemento estructural asociado a la lignina, para dar fortaleza y rigidez a la pared celular. Las cantidades en la planta dependen del tipo de suelo, disponibilidad de sílice transpiración y tipo de especie; por tanto existe variación en la concentración de sílice de forrajes de la misma especie que crecen en suelos diferentes. Igualmente se encontró evidencias directas del efecto negativo que el sílice ejerce sobre la digestibilidad. Además sostiene que es probable que el sílice actúe en forma aditiva con la lignina, para disminuir la digestibilidad¹⁷.

4.4 ESPECIES FORRAJERAS NO CONVENCIONALES COMO FUENTE DE PROTEÍNA PARA LA PRODUCCIÓN ANIMAL EN EL TRÓPICO

4.4.1 Importancia ecológica de las arbóreas y arbustivas. según menciona Botero:

La generación natural de especies arbóreas contribuye al mejoramiento de la productividad y de la sostenibilidad de la ganadería, son las diferentes formas de uso y ordenamiento de la tierra las que permiten una mejor productividad de la finca a través de la combinación de cultivos agrícolas, pastos, arbustos, árboles de uso múltiple y explotación de animales, al mismo tiempo o en firma sucesiva. El productor puede alinderar su finca o realizar la división de los potreros, manejando especies para cercos, ya sean arbustivas o arbóreas, de rápido crecimiento, que además de ser utilizados en la alimentación del ganado, sirven como sombrío, protección al suelo, fijación de nitrógeno, materia orgánica, etc¹⁸.

¹⁴ CHURCH, Op. cit., p 70.

¹⁶ BONDI, A. Op. cit., p 46.

¹⁷ VAN SOEST, Peter. Nutritional ecology of de ruminant. New York: Cornell University Press, 1994. 476 p.

¹⁸ BOTERO, Raúl. Sistemas intensivos para la producción animal y de energía renovable con recursos tropicales. Bogotá, Colombia: Satchell, 1988. p. 66.

En este sentido, Bernal argumenta que:

Muchos productores utilizan numerosas especies forrajeras arbóreas y arbustivas en la alimentación animal, estos forrajes poseen cualidades nutritivas similares o superiores a los pastos utilizados tradicionalmente. En Colombia estas especies nativas son un componente común de las pasturas y constituyen una fuente alimenticia de alto valor nutritivo para la producción ganadera, los estudios existentes se refieren principalmente a la composición química del forraje y pocas especies se han evaluado a nivel agronómico y en relación directa a la producción animal¹⁹.

4.4.2 Calidad nutritiva de las especies arbóreas y arbustivas. la investigación sobre el valor nutricional de arbóreas y forrajeras ha sido abordada por diversos investigadores y en gran variedad de especies con la finalidad de establecer las ventajas y desventajas de su utilización en la alimentación animal, en este sentido Botero menciona que:

Tanto el follaje como los frutos de los árboles forrajeros poseen una alta calidad nutritiva, pero ésta es variable y dependiente de la especie animal en que se utilicen. Muchos de los follajes contienen sustancias químicas que afectan su gustosidad (hojas coriáceas, látex), utilización de nutrimentos (alcaloides y aminoácidos tóxicos), asociación de los nutrimentos con fracciones indigeribles (polifenoles) y contienen también niveles elevados de nitrógeno no proteico (NNP)²⁰.

Por su parte, Bernal y Correa argumentan que:

La gran mayoría de especies arbustivas contienen taninos (polifenoles) que se encuentran recubriendo las moléculas proteínicas contenidas en el forraje y haciendo que esta proteína pueda ser utilizada sólo parcialmente por las bacterias existentes en el rumen o en el ciego de los herbívoros. Es posible que los taninos reduzcan la producción de amoníaco en el rumen, resultando una mayor retención de nitrógeno por el animal²¹.

Adicionalmente, Orskov, Hovell y Mould, F²². argumentan que la digestibilidad de los forrajes no convencionales, medida tanto en el laboratorio (*In vitro*) como en el

¹⁹ BERNAL, Javier. Pastos y forrajes tropicales: producción y manejo. Bogotá, Banco ganadero, 1988. p. 56.

²⁰ BOTERO, Raúl, Op. cit., p. 65.

²¹ BERNAL, Henry y CORREA, Jaime. Especies vegetales promisorias de los países del Convenio Andrés Bello. Santa Fe de Bogotá: Guadalupe, 1998. p. 620.

²² ORSKOV, E. R. HOVELL, I. D. y MOULD, F. Op. cit., p. 214

rumen (*In situ*), solo permite conocer parcialmente su valor nutritivo para rumiantes puesto que es de esperar que la digestión enzimática, que ocurre en el abomaso y en el intestino delgado, debe incrementar la utilización de los nutrimentos contenidos en estos forrajes. Sin embargo, existe gran variabilidad en el valor nutritivo entre los diferentes componentes de estos forrajes comestibles (hongos, peciolas y tallos tiernos), la variabilidad es determinada por las diferentes funciones fisiológicas y la edad de cada componente.

Al respecto, Milera *et al.*²³ en un ensayo con forraje de morera y *Panicum maximum* encontraron que el primero tiene un alto potencial productivo que superó los alcanzados con otros forrajes tropicales por lo que se constituye como una opción para la alimentación del ganado bovino cuando no se dispone de otras ofertas con alto valor nutritivo, además posee las ventajas como arbusto de contribuir a mejorar la estructura del suelo, las condiciones medio ambientales como captador de CO₂ entre otros y evitar la erosión del suelo. En cuanto el efecto de la alimentación con estas arbustivas sobre el comportamiento animal en terneros encontró que aquellos animales que recibieron forraje de Morera y de *Panicum maximum* registraron consumos promedios de 20.0 y 4.0 kg forraje/animal/día para cada forraje respectivamente. Las ganancias de peso promedio por animal fueron de 0.756 kg/día.

Por su parte Olivares *et al.* argumentan que:

Para que un arbusto sea calificado como forrajero debe reunir ventajas tanto en términos nutricionales como de producción y de versatilidad agronómica sobre otros forrajes utilizados tradicionalmente, es decir; que su consumo por los animales sea adecuado como para esperar cambios en los indicadores de respuesta, en un experimento con vacas lecheras se observó que el suplementar con cantidades iguales o superiores a 2 kg de M.S./ vaca / día de Matarratón (*G. sepium*) son suficientes para aumentar la producción láctea hasta en 1.5 litros / vaca / día.

Los mismos autores, evaluaron el índice de aceptación de 27 especies arbóreas y encontraron que la más consumida por los animales fue la *L. leucocephala*. Así mismo reportan bajos consumos atribuibles a niveles bajos de digestibilidad *In vitro* de la materia seca para las leguminosas, *M. arboreus* 66%, *C. argentea* 49.2% y *C. gyroides* 47%. Es importante tener en cuenta que el contenido en nutrimentos de las arbustivas debe ser atractivo para la producción animal, ser

²³MILERA, M. MARTÍN, G. SÁNCHEZ, G. HERNÁNDEZ I y FERNÁNDEZ., E. Utilización del forraje de morera en la alimentación del ganado vacuno. Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey". [online]. 2005. [Septiembre 29 de 2005], p.1. Disponible en la Word Wide Web:

<http://www.fao.org/WAICENT/FAOINFO/AGRICULT/AGA/AGAP/FRG/AFRIS/espanol/Document/Morera/morera16.htm>

tolerantes a la poda y que su brote sea lo suficiente vigoroso como para obtener niveles significativos de producción de biomasa comestible por unidad de área de tal manera que para identificar especies arbustivas con estas propiedades es necesario realizar evaluaciones tendientes a observar las preferencias de los animales en pastoreo o ramoneo y en la suplementación²⁴.

Por otra parte, Sánchez afirma que:

En la mayoría de gramíneas tropicales, la calidad nutritiva es mejor en la etapa de rebrote (hasta los 30 días) experimentando una caída importante con la floración para incrementar los niveles de fibra. Las arbustivas en cambio se caracterizan por ser de mayor valor nutritivo y más estables con la maduración de la planta. estudios en seis ecotipos de *G. sepium* mostraron que esta leguminosa conserva sus niveles de proteína en hojas en el tiempo, al reportar que a los 45, 90 y 270 días después del transplante los niveles oscilaron entre 21 a 29, 28 a 31 y 31 a 33 % de proteína cruda, respectivamente para cada tiempo de cosecha entre los diferentes ecotipos, de igual forma mantuvieron equilibrado su contenido en minerales. Esta cualidad es muy importante pues permite la realización de cosechas con un máximo rendimiento en la producción de biomasa comestible sin que implique desmejorar su valor nutritivo²⁵.

Roa, Céspedes y Muñoz. Aseveran que:

Cuando se emplean especies arbóreas como dieta única los niveles de consumo son superiores al 3% del peso corporal, producto de su alta aceptabilidad. Se ha observado además que cuando se suministra *Erythrina poeppigiana*, ganancias diarias de hasta 648g. Así mismo, la suplementación vacas lecheras con *Erythrina poeppigiana* (0.5 kilos de materia seca/100 kilos de peso vivo), propicia una producción de leche en promedio de hasta 8.8 kilos/vaca/día. Por otra parte, el empleo *Erythrina glauca* en novillas de levante mostró aumentos de peso diarios por animal superiores (566g) en comparación con una dieta testigo que constaba de pasto únicamente (272 gramos)²⁶.

²⁴ OLIVARES, J. JIMÉNEZ, R, ROJAS, S. y MARTÍNEZ, H. Uso de las leguminosas arbustivas en los sistemas de producción animal en el trópico. Revista Electrónica de Veterinaria REDVET. [online]. 2005. vol V. N° 6. [Septiembre 29 de 2005], p1. Disponible en la Word Wide Web: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n050505/050506.pdf>

²⁵ SÁNCHEZ, M. Sistemas agroforestales para intensificar de manera sostenible la producción animal en Latinoamérica tropical. Memorias de una Conferencia Electrónica; Agroforestería para la Producción Animal en Latinoamérica; FAOCIPAV; Cali, Colombia 1998.

²⁶ ROA, María. CÉSPEDES, Daniel. y MUÑOZ, Javier. Evaluación nutricional de tres especies de arboles forrajeros en bovinos fistulados en el pie de monte llanero. ACOVEZ. [online]. 1999. vol.24. N°2. [Septiembre 29 de 2005]. Disponible en la Word Wide Web: http://www.encolombia.com/acovez24284_revista1.htm

Escobar, Romero y Ojeda arguyen que: "la inclusión de la arborea *G. sepium* en áreas de pastoreo permiten obtener una mejora en las condiciones corporales del rebaño de 0,80 puntos en comparación con las pérdidas mostradas por el grupo manejado en potreros sólo con gramíneas"²⁷.

En este sentido Dávila y Urbano²⁸ alimentaron novillos a pastoreo usando *L. leucocephala* como banco de proteína, logrando ganancias de peso promedio para animales con acceso a la *Leucaena* de 840 g/animal/día, mientras que el grupo testigo obtuvo sólo 370 g/animal/día. Los mismos autores trabajaron en condiciones de Bosque muy Seco Tropical suplementando con harina de vaina de cují (*Prosopis juliflora*). La leguminosa se suministró en una relación de 0, 0.5 y 1 kg de MS de harina de cují / 100 kg de PV, respectivamente, resultando en ganancias de peso de 0.46, 0.60 y 0.81 kg/animal/día en función de cada tratamiento. La inclusión de nitrógeno fermentable en la harina de cují incrementó la respuesta animal al mejorar la relación proteína:energía de los nutrientes disponibles en el medio ruminal.

4.5 TARTA (*Otholobium mexicanum*)

4.5.1 Clasificación botánica. según el Herbario de la Universidad de Nariño la clasificación botánica de la tarta (*Otholobium mexicanum*) es :

"Clase: Magnoliopsida
Subclase: Rosidae
Orden: Fabales
Familia: Fabaceae
Género: *Otholobium*
Especie: *mexicanum* *"

4.5.2 Aspectos botánicos. de acuerdo con Bernal y Correa:

La tarta (*O. mexicanum*) se conoce comúnmente como: "Culén", "Culín", "Huallua", "Chinitaria", "Albaquilla". Es un arbusto de 1 a 3 m de altura, ramificación alterna y corteza lisa, hojas compuestas trifoliadas alternas, con pecióslos cortos y estípulas presentes. Los folíolos son de forma

²⁷ ESCOBAR, A., E. ROMERO, A. OJEDA. 1996. Gliricidia sepium: El matarratón un árbol multipropósito. Editorial Exibris. Venezuela. 78 p.

²⁸ DÁVILA, C. y URBANO, D. 1996. Leguminosas arbóreas en la zona sur del lago de Maracaibo. En: Clavero, T. (Ed.): Leguminosas forrajeras arbóreas en la agricultura tropical. Editorial Ars Gráfica. Venezuela. pp: 101-113.

* Entrevista personal realizada al Sr: Ramiro Ramirez Exfuncionario del Herbario de la Universidad de Nariño. San Juan de Pasto. Septiembre de 2005

lanceolada, borde entero y ápice acuminado; el haz es glabro verde oscuro, y el envés verde claro. Flores agrupadas en espigas terminales o axilares, bisexuales, zigomorfas, de color violeta. Cáliz con 5 sépalos pubescentes. Corola irregular, papilionoidea de 5 pétalos que forman el estandarte, las alas y la quilla. Androceo con 10 estambres fusionados en las bases. Gineceo formado por un ovario unilocular; unicarpelar y súpero. El fruto consiste en una pequeña legumbre que produce una sola semilla²⁹.

Según mencionan Ulloa y Moller:

El género *Otholobium* consta de 43 especies distribuidas en América del Sur, África y Asia. En el Ecuador están representadas 3 especies en la zona andina: *Otholobium brachystachyum* (Spruce ex Diels) Grimes, *O. mexicanum* (L.f.) Grimes y *O. munyensis* (Macbr.) Grimes. Corresponden a arbustos pubescentes y generalmente punteados de glándulas negras. Hojas palmati o pinnati-trifolioladas, peciólulos generalmente cortos y engrosados en la base, estípulas presentes. Inflorescencia pseudoracimosa con 1–3 flores por nudo. Cáliz tubular–campanulado con 5 dientes; corola con 5 pétalos insertos en el hipanto, azules, violetas o púrpuras, unguiculados, estandarte amplio, ligeramente más grande que las alas y la quilla, quilla con los pétalos connatos en el ápice; estambres diadelfos; ovario sésil con un óvulo, estilo redondeado. Legumbre comprimida, con una semilla.³⁰

4.5.3 Adaptación. los mismos autores³¹ mencionan que la *O. mexicanum*: es un arbusto de crecimiento rápido, que se establece en suelos degradados y poco profundos, con poca capa orgánica, de textura arcillosa. En la reserva de Mazán (Ecuador) se distribuye solamente al este del valle, colonizando los pastizales, al borde de los senderos y exiguamente entre los arbustos de la vegetación secundaria. Sus raíces se extienden horizontalmente y sus ramas bajas suelen acodarse, dando lugar a crecimientos vegetativos promedio de 3,8 tallos nuevos, cerca de la planta madre. La abundancia de plántulas de la regeneración natural es moderada y se hallan casi siempre en lugares donde la exposición es alta. El sistema de siembra de la tarta es asexual y sexual, para lo cual se puede utilizar partes vegetativas (estacas de aproximadamente 40 cm. de largo, con yemas maduras) y semillas en legumbre de una sola semilla. Las distancias de siembra entre plantas fluctúan entre 1 y 1,50 m.

²⁹ BERNAL Y CORREA, Op. cit., p. 610.

³⁰ ULLOA, Carmen y MOLLER, P. El género *Otholobium*, Árboles y arbustos de los Andes del Ecuador. [online]. 2005. [Octubre 4 de 2005], p.1. Disponible en la Word Wide Web: http://efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=201&taxon_id=123392

³¹ Ibid, p. 621.

Según información recopilada por Arias "en zonas de producción de la tarta, el periodo de recuperación en condiciones climáticas favorables está entre 60 y 90 días aproximadamente"³².

³² ARIAS, F. Árboles nativos de uso múltiple utilizados por pequeños productores de Guatemala. En Revista Forestal Centroamericana. N°.7, 1994. 10-15 pp.

5. DISEÑO METODOLOGICO

La valoración nutritiva de la tarta en esta investigación contempló dos pruebas, en la primera se realizó la digestibilidad *In situ* del forraje y en la segunda se evaluó el efecto de la inclusión de diferentes niveles de harina de tarta en dietas suplementarias sobre el comportamiento en peso de novillas Holstein.

5.1 LOCALIZACIÓN

La prueba de digestibilidad "*In situ*", se llevó a cabo en La Universidad de Nariño sede Torobajo, Municipio de Pasto, departamento de Nariño, a una altitud de 2700 msnm; una precipitación pluvial promedia anual de 850 mm y una temperatura media por año de 12°C. La prueba de comportamiento animal se realizó en la finca "Campanillo" ubicada en el Corregimiento de la Caldera Municipio de Pasto, a una altitud de 2100 msnm, temperatura promedio 13 – 14,2 C° y una precipitación de 1100 m.m anuales *

5.2 INSTALACIONES

Durante el periodo experimental correspondiente a la prueba de comportamiento en novillas, los animales permanecieron en corrales individuales de madera rolliza de un metro de ancho por dos metros de largo, piso en cemento y techo en tejas de asbesto-cemento. Cada corral con bebedero y comedero

Para la digestibilidad "*In situ*" los ovinos se manejaron en un sistema de pastoreo en estacas en praderas naturales y suministro permanente de agua.

5.3 ANIMALES

En la prueba de comportamiento se utilizó nueve hembras de la raza Holstein con una edad y peso promedio de un año y 150 kg respectivamente, estos criterios se tuvieron en cuenta para la selección de animales con la mayor uniformidad posible.

Para la determinación de la digestibilidad "*In situ*", se utilizaron tres ovinos machos fistulados en rumen, con una edad y peso promedio de un año y de 50 kg respectivamente de propiedad de la Universidad de Nariño.

5.4 PLAN DE MANEJO

* Comunicación personal realizada al Dr Nelson Carvajal funcionario del Instituto de Hidrología, meteorológica y estudios ambientales IDEAM. Pasto, 2005.

Para la prueba de comportamiento, las novillas se desparasitaron con Ivermectina antes de iniciar el ensayo y se ubicaron en corrales individuales. Se pesaron al inicio de la investigación y cada mes al finalizar cada periodo teniendo en cuenta el promedio de tres pesajes tomados a diferentes horas del día. La duración total de esta prueba fue de tres meses repartidos en un mes por periodo o tratamiento, periodo que a su vez se dividió en 15 días iniciales para acostumbramiento a la nueva dieta y los 15 días posteriores para la medición de las variables respectivas.

Para la prueba de digestibilidad *In situ* los ovinos se desparasitaron con Ivermectina ocho días antes de la incubación de las muestras y permanecieron en pastoreo con estaca en praderas naturales, con acceso permanente a agua y sal mineralizada.

5.5 PRUEBAS DE LABORATORIO

El follaje tarta (*O. mexicanum*) se recolectó en fresco en el corregimiento de Meneses del municipio de Buesaco, posteriormente se realizó el secado, pesado y molienda. Las muestras de follaje se analizaron en el Laboratorio de Bromatología de la Universidad de Nariño, se determinó porcentaje de materia seca (MS), proteína cruda (PC), fibra detergente ácido (FDA), fibra detergente neutro (FDN) y extracto libre de nitrógeno (ELN).

5.6 ALIMENTO Y ALIMENTACIÓN

Los ovinos fistulados se sometieron a un periodo de adaptación al consumo de la tarta (*O. mexicanum*) fresca durante 15 días, posteriormente, se colocaron las bolsas de nylon con las muestras en el saco ventral del rumen de los animales. El alimento base fue kikuyo procedente de praderas naturales ya establecidas y forraje de tarta a voluntad. Los animales permanecieron en pastoreo con estaca.

En la prueba de comportamiento las terneras permanecieron estabuladas, con suministro diario de forraje de kikuyo a voluntad y tres kilos de suplemento balanceado de acuerdo a los siguientes tratamientos:

5.7 TRATAMIENTOS

Se emplearon tres tratamientos, con tres réplicas cada uno así:

T0: Suplemento Concentrado comercial (Tabla 1).

T1: Suplemento con 25 % de Tarta (*O. mexicanum*) (Tabla 2).

T2: Suplemento con 50% de Tarta (*O. mexicanum*) (Tabla 3).

El forraje de kikuyo utilizado como dieta base se obtuvo de praderas naturales sin ningún tipo de manejo en cuanto a fertilización ni riego. La composición bromatológica de este forraje se presenta en la Tabla 4

Tabla 1. Composición del suplemento comercial

Fracciones	Porcentaje
Materia seca	88
Proteína	16
Ceniza	10
Grasa	3,0
Fibra	10
E.L.N	61
NDT	70

Registro ICA 4184 AL

Tabla 2. Suplemento con 25 % de Tarta (*O. mexicanum*).

Materia Prima	Cantidad (kg)	Proteína		NDT	
		Porcentaje	Cantidad	Porcentaje	Cantidad
		(%)	(kg)	(%)	(kg)
Melaza	7,00	2,0	0,14	66,0	4,6
Torta de soya	3,00	48,0	1,44	80,0	2,4
Salvado de trigo	65,0	14,0	9,1	68,0	44,0
Tarta	25,0	21,6	5,41	72,5	18,0
Total	100		16		70

Tabla 3. Suplemento con 50 % de Tarta (*O. mexicanum*).

Materia Prima	Cantidad (kg)	Proteína		NDT	
		Porcentaje (%)	Cantidad (kg)	Porcentaje (%)	Cantidad (kg)
Melaza	10	2,0	0,2	65,0	6,5
Salvado de trigo	40	14,0	5,6	67,0	27
Tarta	50	21,6	10,8	72,5	36
Total	100		16		70

Tabla 4. Composición del kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) utilizado como alimento base.

Fracciones	Porcentaje
Materia seca	20
Proteína	13
Ceniza	8
Grasa	3,0
Fibra	18
E.L.N	58
NDT	68.5

Para los tratamientos que contenían tarta; esta se incluyó en el suplemento previa deshidratación y molienda del material, posteriormente se realizó una premezcla las cantidades correspondientes de torta de soya y salvado de trigo y una mezcla final con la melaza con el fin de aportar un efecto ligante a las partículas y palatabilidad al suplemento. El producto final fue empacado en sacos y almacenado en un lugar fresco y seco

5.8 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La prueba de comportamiento en peso con novillas se valoró bajo un diseño Swich Back, de tal forma que todos los animales fueron expuestos a todos los tratamientos (Tabla 4).

Tabla 5. Distribución de los periodos y tratamientos en el experimento

Periodo	Secuencias		
	1	2	3
1	T0	T1	T2
2	T2	T0	T1
3	T1	T2	T0

El modelo lineal para dicho análisis estadístico fue:

$$Y_{ijk} = \mu + \pi_i + \beta_{ij} + \gamma_k + \tau_l(ijk) + e_{ijk}$$

Donde:

- Y_{ijk}: valor de la característica observada
- μ: Efecto común a todas las observaciones
- π_i: Efecto del bloque
- β_{ij}: Efecto de la secuencia (ternera) dentro del bloque
- γ_k: Efecto del periodo
- τ_l: Efecto del tratamiento
- e_{ijk}: Error experimental

Para la Digestibilidad “*In situ*” se utilizó un diseño de Bloques al Azar, en donde el criterio de bloqueo fueron los tiempos de incubación de acuerdo al siguiente modelo estadístico:

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

Donde:

- Y_{ij} = Variable de respuesta del bloque i en el tiempo j
- μ = Media general del experimento
- F_i = Efecto del bloque i
- T_j = Efecto del tiempo j
- E_{ij} = Experimental, debido al bloque i, tiempo j.

5.9 VARIABLES EVALUADAS

5.9.1 Digestibilidad *In situ*. se determinó la digestibilidad de las fracciones materia seca, proteína, FDN y FDA del forraje de tarta (*O. mexicanum*). mediante la fórmula:

$$CD = \frac{\text{Material inicial} - \text{Material final}}{\text{Material inicial}} * 100$$

Los tiempos de incubación evaluados fueron 0, 6, 12, 24, 36, 48 y 72 horas.

En la prueba de comportamiento en peso se determinó:

5.9.2 Incremento de peso. para la medición de esta variable los animales se pesaron al inicio y final de cada periodo.

5.9.3 Consumo del suplemento. mediante la diferencia entre el alimento ofrecido y el rechazado.

5.9.4 Conversión alimenticia. mediante la relación consumo total de alimento/incremento de peso.

5.9.5 Análisis económico. se realizó el análisis parcial de costos de acuerdo a la metodología propuesta por Cino y de Armas del Instituto de Ciencia Animal de Cuba en el cual se tiene en cuenta únicamente los costos que participan directamente en la investigación.

6. RESULTADOS Y DISCUSION

6.1 PRODUCCION DE FITOMASA

Para determinar la producción de fitomasa de la tarta en condiciones naturales se realizaron aforos individuales al azar del forraje considerado consumible, donde se incluyó la parte foliar y pecíolos de los arbustos de tarta. Posteriormente se determinó el promedio de arbustos por metro cuadrado con el fin de establecer la producción de forraje verde y materia seca por hectárea. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 6.

Tabla 6. Producción de fitomasa comestible de la Tarta (*O. mexicanum*) en condiciones naturales (t/ha de forraje verde y materia seca)

Muestra N	Producción de follaje verde (t/ha)	Producción de materia seca (t/ha)
1	27.04	7.29
2	7.616	2.05
3	5.9316	1.59
4	11.1748	3.01
5	6.9224	1.86
Promedio	11.74	3.17

Se pudo determinar que la tarta en condiciones naturales predomina en suelos bien drenados en asociaciones con gramíneas como el kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) con producciones de follaje verde de 11.74 t/ha y 3.17 t/materia seca/ha, teniendo en cuenta un número promedio de cuatro individuos por m². La vegetación que crece en asociación con esta arbórea en especial el kikuyo es de crecimiento vigoroso a pesar de las condiciones naturales en las que estos forrajes predominan. En este sentido es importante destacar que al observar el sistema radicular de la tarta se encontraron nódulos (Figura 1) que pueden indicar cierto grado de actividad en la fijación de nitrógeno atmosférico hecho que pudo influir positivamente en el crecimiento de los pastos que crecen en asociación con este arbusto.

Figura 1. Hábitos de crecimiento y características del sistema radicular de la tarta (*O. mexicanum*)



Se encontró también que la tarta posee un sistema de raíces ortótropas por la orientación vertical de su raíz principal, lo que representa una gran ventaja en el cultivo asociativo de este arbusto con gramíneas. Desde este punto de vista Botero y Ruso señalan que:

Las especies arbustivas difieren en la forma que utilizan las fuentes de agua, lo cual está en virtud de las características de su sistema radicular. Mientras los arbustos siempre verdes con raíces profundas utilizan esencialmente agua subterránea, los deciduos con raíces superficiales son altamente dependiente de las precipitaciones, los arbustos con sistema radicular dimórfico capaces de realizar levantamiento hidráulico juegan un importante papel como plantas nodrizas. En experimentos de remoción selectiva de vecinos con distinto sistema radicular se observa un mayor potencial hídrico bajo una especie con sistema radicular superficial cuando se encuentra asociada con plantas que realizan levantamiento hidráulico. Se concluye que uno de los servicios ecosistémicos del estrato arbustivo en zonas áridas es contribuir a la mantención de la biodiversidad³³.

³³ BOTERO, R y RUSSO, R. Utilización de árboles y arbustos fijadores de nitrógeno en sistemas sostenibles de producción animal en suelos ácidos tropicales. Conferencia electrónica de la FAO sobre "Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica". [online]. [Mayo 22 de 2006], p1. Disponible en la Word Wide Web: <http://www.fao.org/ag/Aga/AGAP/FRG/AGROFOR1/Botero8.htm>

Adicionalmente, la presencia de nódulos en la raíz de la tarta supone una gran importancia ya que como menciona Montagnini:

Los arbustos fijadores de nitrógeno incrementan el nivel de nitrógeno en el suelo debido a su capacidad de fijarlo de la atmósfera edáfica a través de la simbiosis con bacterias en sus raíces, y por medio del aporte de materia orgánica al suelo a través de la caída periódica o estacional, natural o provocada (cosecha), de hojas, flores, frutos, ramas y raíces muertas. Además, sus raíces pueden absorber nutrientes de capas profundas del suelo y traerlos a la superficie, poniéndolos a disposición de la pastura o el cultivo agrícola asociado. En algunos casos, pueden incrementar la disponibilidad de fósforo (simbiosis con micorrizas), calcio, potasio y magnesio³⁴.

6.2 COMPOSICION BROMATOLOGICA

En la tabla 7 se presenta la composición bromatológica de la Tarta (*O. mexicanum*). Se encontró un porcentaje de materia seca (MS) de 26.97%, La MS de los arbustos y arbustivas puede presentar gran variabilidad en virtud de las características genéticas y morfológicas, época del año, condiciones edafoclimáticas, edad y parte de la planta entre otras. En este sentido es importante mencionar que la cosecha del material se realizó teniendo como base el criterio de óptimo crecimiento; por lo que se incluyó únicamente arbustos en estado de prefloración (Figura 2)

No obstante, el valor obtenido es menor al de algunos árboles y arbustivas analizados bajo condiciones similares, puesto que los reportes de Portilla Rodríguez y Sarralde³⁵, mencionan porcentajes de MS de 35.04% para Acacia (*Acacia decurrens willd*), 34.77% para Pichuelo (*Senna pistaciifolia*), y 28.32% para Quillotocto (*Tecoma satns*).

Sin embargo, Jimenez y Jaramillo³⁶, encontraron contenidos de MS del 14.08% para Sauco (*Sambocus peruviana*) que resulta muy inferior para plantas de este tipo.

³⁴ MONTAGNINI, F. . Sistemas agroforestales: principios y aplicaciones en los trópicos. 2 ed. San José, Costa Rica. Organización para Estudios Tropicales. Conferencia electrónica de la FAO sobre "Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica". [online]. [Mayo 22 de 2006], p1. Disponible en la Word Wide Web: <http://www.fao.org/ag/Aga/AGAP/FRG/AGROFOR1/Botero8.htm>

³⁵ PORTILLA, Wilson, RODRIGUEZ, Sonia y SARRALDE, Carmen Op., cit. P. 44.

³⁶ JARAMILLO, Yolanda. y JIMENEZ, Jeny. Evaluación nutricional de tres especies de árboles forrajeros en la alimentación de vacas Holstein en el trópico alto de Nariño. Tesis (Zootecnista). Pasto, Colombia: Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias, 2000. p. 65.

Tabla 7. Composición bromatológica de la Tarta (*O. mexicanum*)

Fracción	Porcentaje (%)
Materia seca	26.97
Ceniza	9.05
Extracto etéreo	12.14
Fibra cruda	19.72
Proteína	21.66
ENN	37.42
FDN	47.65
FDA	36.92
Hemicelulosa	10.73
NDT	72.5
Calcio	0.84
Fósforo	0.20

Fuente: Laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad de Nariño

Al respecto, Bernal menciona que : “La composición química de las plantas en general está en dependencia directa de su composición vertical, así la MS puede ser mayor en aquellos forrajes con menor relación hoja : tallo, ya que los tallos están formados mayoritariamente por carbohidratos estructurales que le dan sostén y firmeza a la planta y retienen poca agua³⁷”.

El nivel proteico de 21.66% obtenido en el follaje de la tarta, supera al de la mayoría de forrajes de clima frío utilizados en la alimentación animal. En este sentido, Esquivel³⁸ afirma que el contenido de proteína de algunos follajes de arbóreas es superior al de las gramíneas entre las cuales menciona : Raigrás (*Lolium multiflorum*) (19.88%), Tetralite (*Lolium hibridum*) (20.80%), y Aubade (*Lolium sp*) (21.31%) e incluso mayor que algunas leguminosas como el trébol blanco (*Trifolium repens*) con 18.9% trébol rojo (*Trifolium pratense*) con 16.1%,

³⁷ BERNAL, Op. cit., p. 56.

³⁸ ESQUIVEL, S. *et al.* Suplemento de vacas lecheras en pastoreo con morera (*Morus sp*) en la zona alta del valle central de Costa Rica. Costa Rica, Turrialba, 1996. p35.

solo la alfalfa (*Medicago sativa*) con 25.3% resultó mayor en el contenido proteico obtenido para la tarta en esta investigación.

Figura 2. La tarta (*O. mexicanum*) en estado de prefloración



El extracto etéreo fue de 12.14% considerado como alto de acuerdo a lo reportado para la mayoría de especies arbustivas. Este valor posiblemente obedeció a que la tarta (*O. mexicanum*) puede albergar grasas verdaderas, ésteres de ácidos grasos, lípidos compuestos, vitaminas liposolubles, ceras y resinas, terpenos; ya que el éter utilizado en su determinación disuelve este tipo de componentes dando un aparente contenido graso que puede eventualmente sobreestimar el valor energético tal como lo menciona Church y Pond³⁹.

Portilla, Rodríguez y Sarralde⁴⁰ encontraron un rango entre 4.1% y 7.92% para algunas especies arbóreas de trópico alto valores inferiores a los obtenidos en esta investigación.

La pared celular representada por la FDN, presentó un valor de 47.65%; valor que resulta superior al de otras arbustivas de trópico alto.

³⁹ CHURCH, D y POND, W. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales, México: Limusa, 1990. 438p.

⁴⁰ PORTILLA, Oswaldo, RODRÍGUEZ, Patricia y SARRALDE, Carmen, Op. cit., p 45.

Al respecto, Bondi menciona que: "La FDN hace parte de la pared celular y está formada por los carbohidratos estructurales celulosa, hemicelulosa y el polímero fenil-propanoide lignina, el cual dependiendo de su cuantía y tipo de uniones que forme con la hemicelulosa y celulosa determinará el grado de aprovechamiento del forraje debido a la indigestibilidad de la lignina⁴¹ .

Portilla, Rodriguez y Sarralde⁴², reportan porcentajes de FDN de 42.8% para Acacia (*A decurrens willd*), 42.61% para Chilca (*Braccharis litifolia*) y 41.25% para Quillotocto (*T satns*). Debido a que en las dos investigaciones se tomó el forraje de cultivos establecidos hace tiempo, no fue posible establecer la edad a la que se cosechó y es bien sabido su efecto sobre esta fracción, por lo que no se descarta que la edad de corte pudo ejercer un efecto importante en los niveles de FDN.

La FDA fue de 36.92%, valor que estuvo influenciado posiblemente por la parte vegetal analizada y características taxonómicas inherentes a esta especie. En este sentido, Jaramillo y Jimenez⁴³ reportan porcentajes de 17.28 % para Sauco (*S peruviana*), 35.32% para Quillotocto (*T stans*) y 30.61% para Acacia (*A decurrens wild*).

En este sentido, Van Soest argumenta que:

La FDA es considerada una fracción heterogénea y sus valores pueden tener una variación relativamente amplia incluso dentro de la misma especie, variación que puede estar más en virtud de la diversidad de factores ecológicos que influyen sobre su crecimiento que de la planta *Per se*⁴⁴.

El extracto libre de nitrógeno (ELN) alcanzó tan solo el 37.42%, valor bajo reflejo de los contenidos altos de otras fracciones especialmente extracto etéreo.

Los valores encontrados están dentro del rango reportado por Portilla, Rodriguez y Sarralde⁴⁵, que fue entre 35.49% y 40.46% para Sauco (*S peruviana*), pichuelo (*S psifoliata*), Quillotocto (*T satns*) y Acacia (*A decurrens willd*); pero resultó muy superior a los de Chilca (*B litifolia*) (15.04%) y Colla (*Verbessina arbórea*) (12.23%), debido quizá a que esta fracción se calcula por diferencia, puede

⁴¹ BONDÍ, Op. cit., p 102.

⁴² PORTILLA, Oswaldo; RODRIGUEZ, Patricia y SARRALDE, Carmen, Op. cit., p 66.

⁴³ JARAMILLO, Yolanda y JIMENEZ, Jeny, Op. cit., p65.

⁴⁴ VAN SOEST, Op. cit., p 98.

⁴⁵ PORTILLA, Oswaldo; RODRIGUEZ, Patricia y SARRALDE, Carmen, Op. cit., p 78.

acumular los errores de las otras determinaciones. De acuerdo a esta investigación y otras que se versan sobre el mismo tipo de plantas, los valores de ELN resultan inferiores a los de gramíneas de mayor uso en la alimentación de herbívoros.

En este sentido, Church asevera que:

Los principales componentes del extracto no nitrogenado son carbohidratos solubles tales como monosacáridos, entre ellos las pentosas (arabinosa, xilobiosa, ribosa), las hexosas (glucosa, fructosa, galactosa y manosa); los disacáridos (sacarosa, maltosa, lactosa y celobiosa) y los polisacáridos (almidón y dextrina); elementos que pueden aportar una aproximación del contenido energético del alimento, no obstante se debe considerar la totalidad de las fracciones a fin de no incurrir en sobre o subestimaciones por el proceso matemático por medio del cual se calculan los ELN⁴⁶.

El contenido mineral fue de 0.84% y 0.20% para calcio y fósforo respectivamente. El nivel de fósforo fue bajo comparado con otras arbustivas como el Sauco (*S peruviana*) (1.67%), así mismo es inferior al de la alfalfa (*M sativa*) (0.35%) y tréboles (0.35%). Sin embargo, la investigación no contempló las características físico - químicas del suelo que pueden haber afectado la disponibilidad de estos minerales para las plantas en estudio.

La relación calcio:fósforo fue 4.2:1; relación que según Bondi "Puede considerarse como óptima especialmente para rumiantes en crecimiento los cuales pueden tolerar una relación Ca:P hasta de 7:1, mientras que en monogástricos la relación óptima está entre 1:1 y 2:1. Las cantidades excesivas de Ca o P interfieren en la absorción del otro elemento⁴⁷".

Se encontró un contenido energético de 3.2 Mcal/ED/kg, valor que se atribuye fundamentalmente al alto contenido de extracto etéreo, fracción altamente energética por lo que se hace necesario identificar el tipo de lípidos que integran esta fracción.

El valor obtenido en esta investigación fue superior al encontrado por Portilla, Rodríguez y Sarralde⁴⁸ para otras arbustivas como la Acacia (*A decurrens willd*) (2.61%), Pichuelo (*S psifoliata*) (2.51%), Quillotoco (*T satns*) (2.41%), Colla (*V arbórea*) (2.55%), Chilca (*B litifolia*) (2.8%) y Sauco (*S peruviana*) (2.84%).

⁴⁶ CHURCH, Op. cit., p 156.

⁴⁷ BONDI, A, Op. cit., p189.

⁴⁸ PORTILLA, Oswaldo; RODRIGUEZ, Patricia y SARRALDE, Carmen, Op. cit., p 75.

6.3 PRUEBA DE DIGESTIBILIDAD *In situ*.

En la tabla 8 se resumen los coeficientes de digestibilidad *In situ* de la MS, proteína, FDN, FDA y ELN de la tarta a diferentes tiempos de incubación y su respectiva comparación de medias por Tukey. Salvo la FDA las fracciones evaluadas superaron el 70% de degradabilidad a las 72 horas.

El análisis de varianza (Anexo A) mostró diferencias ($P < 0.01$) para las horas de incubación en todas las fracciones con un R^2 entre 96 y 99%.

6.3.1 Digestibilidad de la materia seca (DMS). la DMS presentó una curva de degradabilidad con tendencia polinomial (Figura 3), con un R^2 de 75.94% ajustada a un modelo de la forma $Y = 6.26474 + 0.171915 * T - 0.00176463 * T^2$ donde Y corresponde a la variable dependiente (digestibilidad de las diferentes fracciones) y T a la variable independiente (tiempo de incubación).

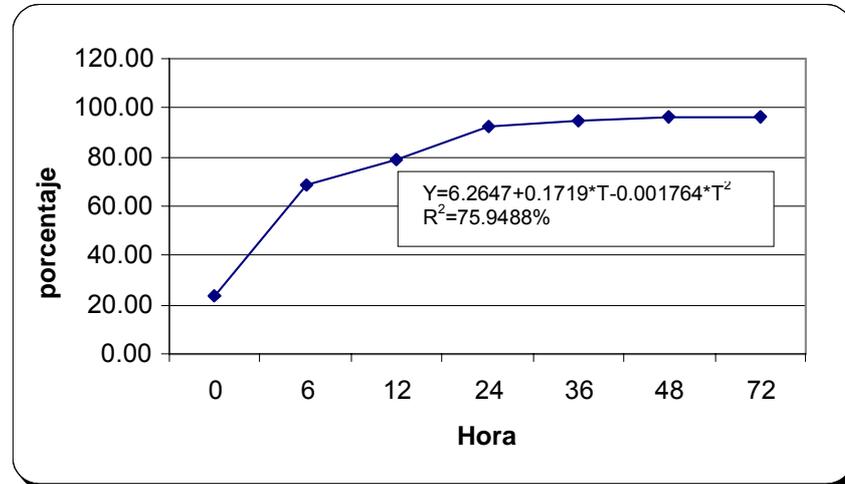
Tabla 8. Digestibilidad *In situ* de la Tarta (*O. mexicanum*) (%)

Hora	Materia seca	Proteína	FDA	FDN	ELN
0	23.68 ^d	27.62 ^b	0.29 ^c	8.42 ^c	23.68 ^d
6	69.00 ^c	71.28 ^c	23.09 ^b	35.50 ^b	68.68 ^c
12	79.31 ^b	82.52 ^b	29.90 ^b	42.15 ^b	78.97 ^b
24	92.00 ^a	95.37 ^a	51.52 ^a	63.17 ^a	91.68 ^a
36	95.04 ^a	96.38 ^a	52.85 ^a	63.57 ^a	94.72 ^a
48	96.45 ^a	96.96 ^a	52.62 ^a	63.03 ^a	96.09 ^a
72	96.53 ^a	98.17 ^a	60.79 ^a	73.38 ^a	96.21 ^a

Letras iguales en la misma columna no presentan diferencias estadísticas ($P < 0.05$)

Se observó una rápida degradación en las primeras 24 horas (92%), para luego volverse asintótica y alcanzar su tope a las 72 horas con 96.53% de desaparición. Estos resultados permiten suponer que los constituyentes estructurales y no estructurales de la tarta fueron colonizados y degradados por los microorganismos del rumen con relativa rapidez reflejando su adecuado grado de aprovechamiento y viabilidad de su inclusión en la suplementación animal.

Figura 3. Digestibilidad *In situ* de la materia seca



Comportamiento similar reportan Portilla, Rodríguez y Sarralde⁴⁹ en Sauco (*S peruviana*) quienes encontraron una curva con tendencia a estabilizarse a partir de las 24 horas lo cual atribuyen a un adecuado contenido de sustancias solubles permitiendo una relación simbiótica entre el rumiante y los microorganismos; cuando los aportes nutritivos para el animal hospedador son deficientes, se reflejan en una inadecuada nutrición de la microbiota ruminal y por tanto en su trabajo de degradación. Adicionalmente, la carencia de un nutriente específico, puede reducir la tasa de división celular y crecimiento de las bacterias del rumen.

Al respecto Apráez argumenta que:

La DMS de los alimentos depende de las adecuadas características ambientales en el rumen que permiten el establecimiento y reproducción de la biota ruminal así como un eficiente trabajo de degradación; así un pH ruminal menor a 6 disminuye la velocidad de digestión de la celulosa, lo cual puede deberse a la reducción de la actividad de las especies celulolíticas ya que su rango óptimo de acción se encuentra a un pH entre 6 y 6.5⁵⁰.

Es importante anotar que la DMS puede presentar variaciones importantes en dependencia de las condiciones edafoclimáticas de la zona de cultivo, en este

⁵⁰ APRÁEZ. E, Op. cit., p 75.

sentido, Apráez y Moncayo⁵¹ reportan niveles de DMS a las 72 horas de incubación entre 49 y 63% en kikuyo (valores inferiores a los obtenidos en esta investigación) variabilidad que atribuyen a factores como el estado de madurez, fertilización y condiciones de físico-químicas de suelo, sin descartar la variabilidad en la cantidad y distribución de las precipitaciones a lo largo del año.

Lo anterior permite establecer que los valores de DMS obtenidos, posiblemente obedecieron a que la cosecha del forraje se realizó en estado de óptimo crecimiento, así mismo las condiciones de humedad del suelo favorecieron la disponibilidad de nutrientes en el forraje de tarta; proceso que pudo ser potenciado por las características taxonómicas y fisiológicas de este tipo de especies, en especial la funcionalidad del sistema de raíces que les permite explorar horizontes profundos y extraer humedad hasta la superficie, lo que favorece la cantidad de materia seca digestible en el follaje.

6.3.2 Digestibilidad de la proteína (DPROT). al igual que en la anterior variable, la DPROT (Figura 4) se comportó en forma polinomial al incrementar el tiempo de incubación, con un R^2 de 75.68% y un modelo de regresión de la forma $Y=6.573+0.161518*T-0.0016638*T^1$, observándose una rápida desaparición hasta las 24 horas (95.37%), para luego estabilizarse a las 72 horas donde alcanzó 98.17% de degradabilidad.

Los resultados permiten suponer que:

La adecuada relación energía:proteína encontrada para la tarta (3.37) posiblemente influyó en una alta disponibilidad de la fracción proteica. Adicionalmente, y a pesar de desconocer su aminograma es posible que su contenido se acerque mucho a los requerimientos de la microbiota ruminal, la cual se adhiere rápidamente a las paredes de las bacterias y por lo tanto es velozmente degradada, las bacterias se adhieren lentamente a las proteínas menos solubles y son degradadas a diferente ritmo⁵².

Por otra parte, Church afirma que: "Las diferencias entre compuestos nitrogenados de origen proteico y no proteico difieren en el ritmo de degradación en rumen, lo cual está relacionado con las características químicas y del grado de

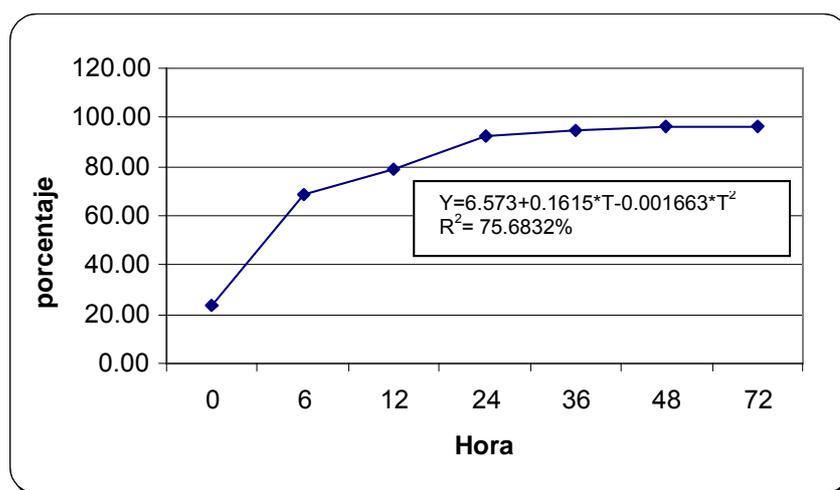
⁵¹ APRAEZ, E. y MONCAYO, O. Efecto de la rehabilitación de una pradera de kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) sobre la digestibilidad *in situ* del forraje. [online]. 2006. [marzo 16 de 2006], p.1. Disponible en la Word Wide Web: <http://www.virtualcentre.org/es/enl/keynote12.htm>

⁵² ORSKOV, Op. cit., p 25.

asociación con las membranas de las células vegetales, su degradabilidad y la velocidad de la proteólisis⁵³ⁿ.

Portilla, Rodriguez y Sarralde⁵⁴ encontraron para Acacia (*A decurrens willd*) una DPROT a las 96 horas de 29.26% degradación baja que atribuyen a un desbalance energético de esta especie, lo cual hace que su digestibilidad sea menor ya que durante esta se libera amoníaco que es utilizado en la síntesis de proteína microbial; es decir es usada para el crecimiento, desarrollo y multiplicación de la microbiota ruminal, proceso que necesariamente requiere ATP, razón por la cual, cuando los aportes energéticos no son adecuados el proceso se altera. La deficiencia de energía puede ocasionar un desacoplamiento o desincronización, el ATP producido no es usado para los microorganismos para su crecimiento y su multiplicación se reflejará indiscutiblemente en una tasa de desaparición lenta de la proteína.

Figura 4. Digestibilidad *In situ* de la proteína



Así mismo, Alderman argumenta que: "la digestibilidad de los nutrientes, la sincronización en la liberación de los mismos, los aportes energía y nitrógeno afectan la magnitud de la síntesis microbiana. El aporte energético está representado por la fermentación de los microorganismos que produce el ATP necesario como combustible para permitir los procesos de la síntesis microbiana⁵⁵ⁿ.

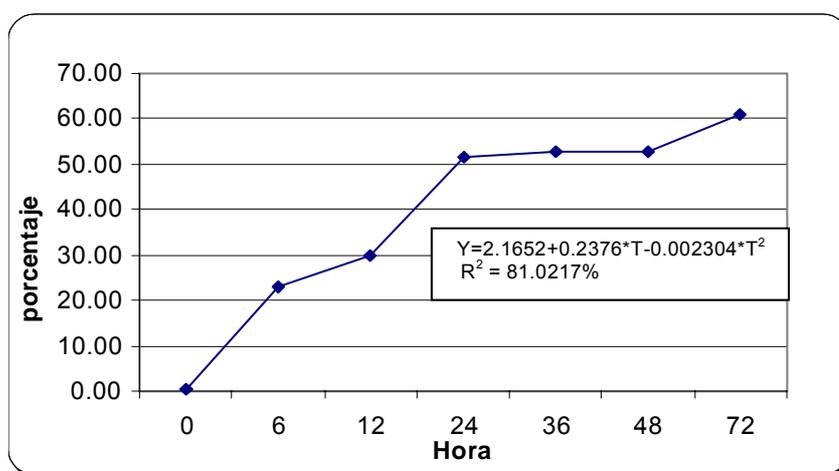
⁵³ CHURCH, Op. cit., p 269.

⁵⁴ PORTILLA, Oswaldo; RODRIGUEZ, Patricia y SARRALDE, Carmen, Op. cit., p75.

⁵⁵ ALDERMAN, G. Necesidades energéticas y proteicas de los rumiantes, Zaragoza, España: Acribia, 1996. P145.

6.3.3 Digestibilidad de la FDA (DFDA). la DFDA fue menor a las demás fracciones analizadas (60.79% a las 72 horas). Sin embargo, es superior a los valores encontrados por Portilla, Rodriguez y Sarralde⁵⁶, quienes reportan DFDA de 4.27% para Acacia (*A decurrens willd*), 41.49% para sauco, 39.88% para pichuelo (*S psifoliata*), 56.93% para Chilca (*B litifolia*) y 21.35% para Quillotocto (*T satns*), lo que quizá se debió a que la edad corte y proporción hoja-tallo jugaron un papel decisivo en su digestibilidad.

Figura 5. Digestibilidad *In situ* de la FDA



El comportamiento en la degradación de la FDA para tarta (Figura 5) se ajustó a una curva polinomial de la forma $Y=2.16528+0.237627*T-0.002300447*T^2$, con un R^2 de 81.02%. Se observó una baja desaparición entre las 0 y las 12 horas de incubación, entre las 12 y 24 horas mostró un incremento significativo y posteriormente se estabilizó lo cual según Church probablemente obedeció a que:

La cantidad y tipo de carbohidratos estructurales son muy variables y dependen del tipo de alimento, así mismo, la digestión puede ser limitada por diferentes factores; más del 50% de la variación en la digestibilidad puede atribuirse a características en la cinética ruminal. Los procesos de digestión de los carbohidratos estructurales pueden dividirse en dos periodos (a): uno inicial inerte con digestión microbial escasa o nula (b): tasa de digestión de la porción fibra potencialmente digestible y (c): cuantía máxima de digestión⁵⁷.

⁵⁶ PORTILLA, Oswaldo; RODRIGUEZ, Patricia y SARRALDE, Carmen, Op. cit., p76.

⁵⁷ CHURCH, Op. cit., p 156.

Por otra parte, Acosta y Moncayo mencionan que: "La digestibilidad de los compuestos fibrosos están en dependencia de las condiciones medioambientales del rumen; en la medida en que estas sean adecuadas para el crecimiento de una microbiota celulolítica, los procesos de degradación de la FDA aumentarán"⁵⁸.

Así mismo Bondi asevera que:

El artefacto lignocelulósico puede afectar sustancialmente la digestión de los carbohidratos estructurales, a través de grupos funcionales hidroxilo y carboxilo los cuales dan origen a tres tipos de enlaces: los que se rompen mediante reducción, los que se rompen mediante la acción de álcalis y los resistentes a los álcalis; posiblemente existe participación de esto últimos en el forraje de tarta que le confieren bajas digestibilidades especialmente entre las 0 y 24 horas lo que supone un trabajo previo de colonización por parte de los microorganismos ruminales⁵⁹.

6.3.4 Digestibilidad de la FDN (DFDN). la DFDN presentó correspondencia con la DFDA (Figura 6) con un modelo de regresión indicado por la fórmula $Y=4.07146+0.177664*T-0.00167042*T^2$, con un R^2 de 82.38%. Aunque la digestibilidad a la 72 fue mayor con 73.38%, mientras que la DFDA a la misma hora de incubación tan solo alcanzó 60.79% (Figura 5).

Los resultados son mayores a los reportados por Céspedes, Muñoz y Roa⁶⁰ quienes encontraron porcentajes de DFDN de 26.6% a las 72 horas para la especie *Erythrina glauca*. De igual manera Portilla, Rodríguez y Sarralde⁶¹ mencionan DFDN de 21.1% para Acacia (*A decurrens wild*), 46.98% para Sauco (*S peruviana*), 41.56% para pichuelo (*S psifoliata*), 56.69% y para Chilca (*B latifolia*), 29.93% para Quillotocto (*T stans*).

Los valores altos obtenidos en esta investigación posiblemente obedecieron a que las hojas y pecíolos muestreados para el análisis estuvieron en estado de óptimo crecimiento por lo que el nivel de lignificación fue bajo, condiciones en las cuales el artefacto ligno-celulósico posiblemente no obstaculizó la degradabilidad de

⁵⁸ ACOSTA, Wilmer. y MONCAYO, Oscar. Valor nutritivo del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) bajo dos sistemas de labranza y fertilización orgánica y/o mineral en zona de ladera. Tesis (Zootecnista). Pasto, Colombia: Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias, 2002. p. 73.

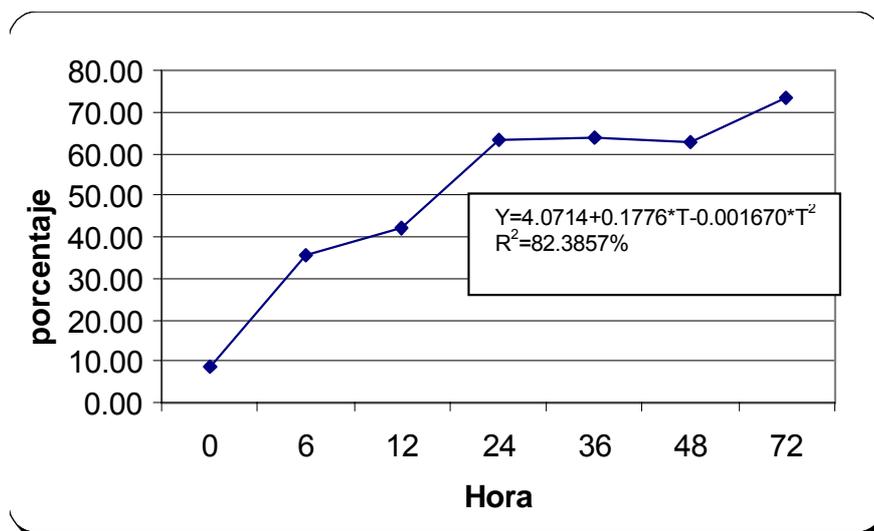
⁵⁹ BONDI, A, Op. cit., p 295.

⁶⁰ CÉSPEDES, Daniel; MORALES, Javier y ROA, María. Evaluación nutricional de tres especies de árboles forrajeros en bovinos fistulados en el pie de monte llanero. 2003 (consulta via internet , http://www.encolombia.com/acovez24284_evaluación9.htm) p5.

⁶¹ PORTILLA, Oswaldo; RODRIGUEZ, Patricia y SARRALDE, Carmen, Op. cit., p 83.

estos componentes y la fracción FDA fue colonizada e hidrolizada rápidamente por los microorganismos.

Figura 5. Digestibilidad *In situ* de la FDN



Al respecto Van Soest menciona que:

Normalmente la DFDA es menor que la DFDN ya que esta última incluye la hemicelulosa; fracción que es mayormente utilizable por los microorganismos ruminales en dependencia de las características químicas de asociación con la lignina y celulosa. En el caso de la lignina es conocida la complejidad de su estructura química hasta tal punto que no es conocida en su totalidad y posiblemente existan asociaciones de esta incluso con la proteína, factor relevante que hace que además de que la lignina es indigerible puede afectar significativamente la degradabilidad ruminal de otras fracciones⁶².

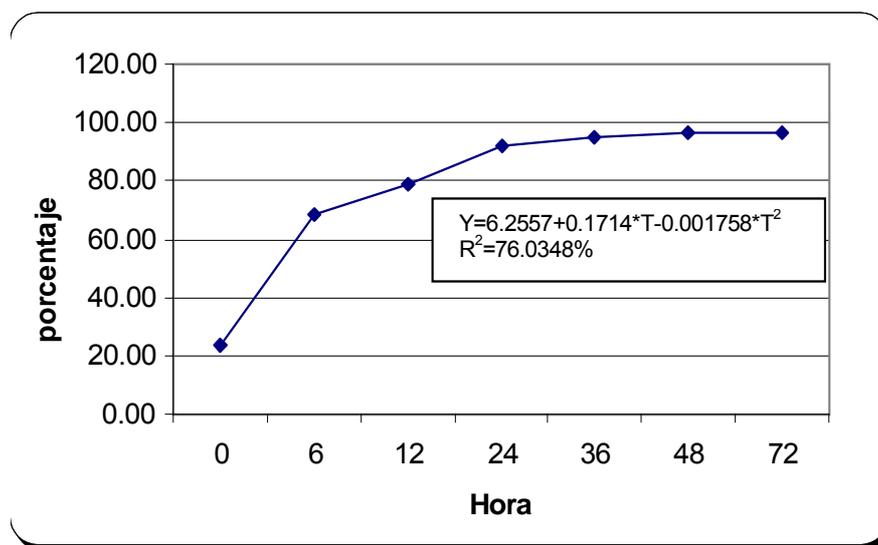
6.3.5 Digestibilidad del ELN (DELN). esta fracción mostró digestibilidades altas (mayores a 60%) a partir de las 6 horas de incubación (Figura 7), llegando a 96.21% a las 72 horas con un R^2 de 76.034% correspondiente al modelo $Y=6.25574+0.171411*T-0.00175878*T^2$; comportamiento que según Church y Pond⁶³ posiblemente obedece a que este tipo de carbohidratos: monosacáridos, disacáridos y polisacáridos no estructurales se caracterizan por su rápida degradación en rumen ya que estos son liberados e hidrolizados rápidamente

⁶² VAN SOEST, Op. cit., p 365.

⁶³ CHURCH y POND, Op. cit., p. 102.

hasta monómeros que son fermentados en rumen para la formación de ácidos grasos volátiles.

Figura 7. Digestibilidad *In situ* del ELN



La DELN mostró una tendencia a estabilizarse después de la incubación a las 36 horas, la asíntota que presenta la curva de degradación ruminal puede explicarse según Portilla, Rodríguez y Sarralde porque: “un medio ambiente ruminal adecuado en especial las condiciones de pH influye de manera directa en la cinética microbiana que incrementa o disminuye la tasa de degradación de los carbohidratos”⁶⁴.

Respecto a lo anterior es posible mencionar que las condiciones ambientales del rumen favorecieron la tasa de degradación hasta el punto en que a partir de las 36 horas de incubación el sustrato incubado fue pobre lo que obligó a la microbiota a buscar alimento recién ingerido para su posterior colonización y acción enzimática.

En líneas generales cabe destacar que la desaparición de las diferentes fracciones a tiempo cero (con excepción de la pared celular) fue superior al 23%, porcentaje que puede ser considerado como alto teniendo en cuenta que el tiempo cero incluye únicamente el efecto del lavado de las muestras que en la mayoría de los reportes no sobrepasa el 10%; por lo cual una posible causa de este comportamiento puede atribuirse al tamaño de poro de las bolsas utilizadas para la incubación y a pérdida de muestra en la manipulación de las mismas.

⁶⁴ PORTILLA, Oswaldo; RODRIGUEZ, Patricia y SARRALDE, Carmen, Op. cit., p 73.

6.4 PRUEBA DE COMPORTAMIENTO

Los resultados para esta prueba incluyendo la comparación de medias por Tukey se muestran en la Tabla 9.

6.4.1 Consumo de materia seca (CMS). el análisis de varianza (Anexo B) indicó diferencias ($P < 0.01$) entre los tratamientos. El T2 (50% tarta) mostró el mayor consumo con 5.1 kg/MS/animal/día, seguido del T1 (25 % tarta) con 4.84 kg/MS/animal/día. El tratamiento testigo T0 (concentrado comercial) mostró el consumo más bajo con 4.37 kg/MS/animal/día.

Tabla 9. Comportamiento animal de novillas suplementadas con tarta (*O. mexicanum*)

Tratamiento	Consumo de Materia seca (kg/animal/día)	Incremento de peso (kg/animal/día)	Conversión Alimenticia
Suplemento comercial	4.37 ^c	0.63 ^b	7.51 ^b
25% tarta	4.84 ^b	0.87 ^a	5.91 ^a
50% tarta	5.10 ^a	0.62 ^b	8.36 ^b

Letras iguales en la misma columna no presentan diferencias ($P < 0.05$)

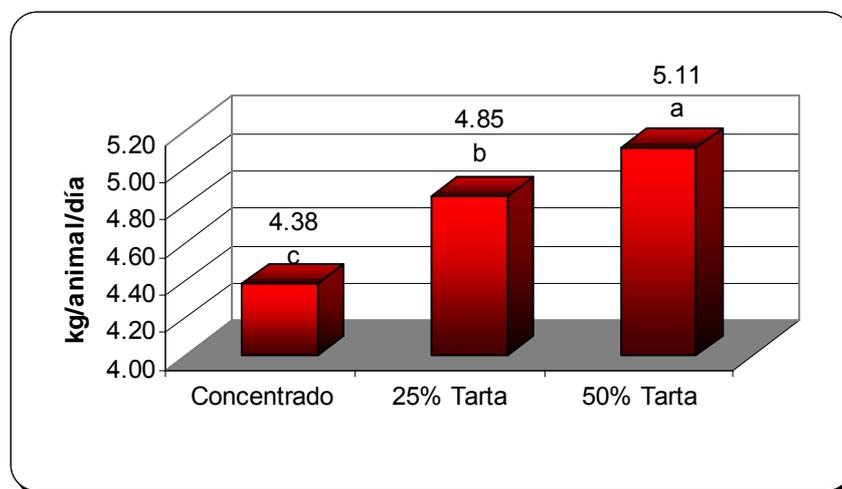
El mayor consumo observado en el T2 (Figura 8), posiblemente obedeció a que la mayor inclusión de harina de tarta en el suplemento favoreció su palatabilidad, pues es bien conocida la apetencia del ganado por este forraje.

Al respecto Jaramillo y Jimenez afirman que:

El uso de especies forrajeras como suplemento ejerce un efecto de sustitución sobre el consumo de dietas basales, tanto cuando el suplemento se da como forraje o como materia prima constituyente de un concentrado rico en energía o proteína. Ocasionalmente, no se encuentran efectos significativos en el consumo de la dieta basal; sin embargo, el consumo total de la dieta muchas veces aumenta con la suplementación, como resultado de un efecto asociativo del suplemento sobre la dieta base⁶⁵.

⁶⁵ JARAMILLO, Yolanda y JIMENEZ, Jeny, Op. cit., p 64

Figura 8. Consumo de materia seca de novillas suplementadas con tarta (*O. mexicanum*) (kg/animal/día)



De otra parte, Preston y Leng argumentan que: “El consumo es uno de los mejores indicativos de la calidad del alimento y su digestibilidad. El máximo nivel de consumo depende del equilibrio apropiado de nutrientes en los productos de la digestión; la cantidad y calidad nutritiva de un alimento son factores que interactúan e influyen significativamente en el comportamiento animal”⁶⁶.

Ku Vera *et al* corroboran lo anterior al afirmar que:

La incorporación de niveles crecientes del follaje de especies arbóreas incrementa el consumo voluntario de materia seca, incremento que no se debe a una mejora en la tasa de digestión ruminal de la ración basal, sino más bien a la alta digestión ruminal de la materia orgánica de las especies arbóreas *per se*, la cual es fermentada extensamente en el rumen e induce un mayor consumo de alimento por los animales. El incremento observado en el consumo de materia seca indica que la incorporación de especies arbóreas autóctonas, representa una buena alternativa para mejorar el comportamiento animal, al incrementarse el consumo de materia orgánica que es fermentada en el rumen. No obstante, es probable que el follaje de árboles tenga que ir

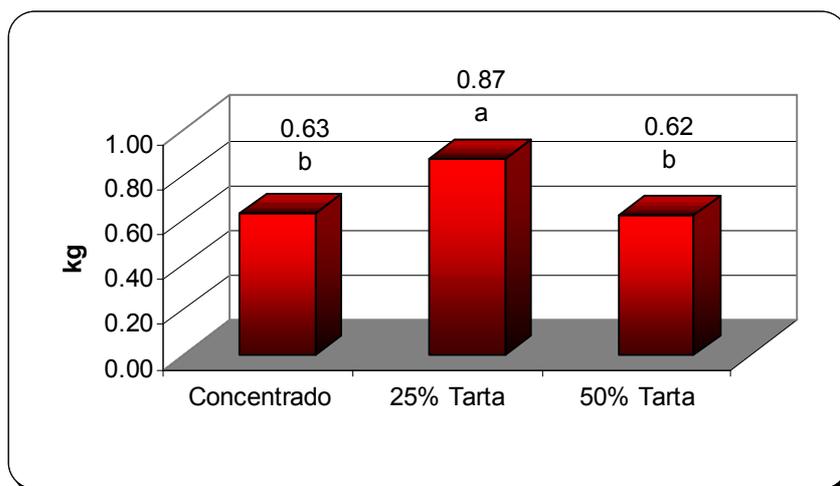
⁶⁶ PRESTON, Thomas y LENG, Ronald. Ajustando los sistemas de producción pecuaria a los recursos disponibles. Aspectos básicos y aplicados del nuevo enfoque sobre nutrición de rumiantes en el trópico, Cali, Colombia: Condrit. 1989. p 138.

acompañado de una fuente de energía de rápida disponibilidad ruminal para maximizar la síntesis de proteína microbiana en el rumen⁶⁷.

Adicionalmente, los mejores consumos mostrados por T2 y T1 representaron un 3.4 y 3.23% del peso vivo respectivamente mientras que para T0 fue de solo 2.9% de lo que se deduce una ventaja favorable de la inclusión de harina de tarta en el suplemento sobre el consumo voluntario de materia seca, aunque estos consumos fueron dispares en los incrementos de peso comportamiento que a continuación se aborda.

6.4.2 Incremento de peso. el análisis de varianza para esta variable (Anexo C) indicó diferencias ($P < 0.01$) para tratamientos, entre los cuales sobresalió el T1 ($P < 0.05$) con 0.87 kg/animal/día, seguido de T0 y T2, similares estadísticamente con 0.62 y 0.63 kg/animal/día respectivamente (Figura 9).

Figura 9. Incremento de peso diario de novillas suplementadas con tarta (*O. mexicanum*) (kg/animal/día)



Las tres dietas experimentales fueron isoenergéticas e isoproeicas (Tablas 1,2 y 3), lo cual permite establecer que los mayores incrementos logrados al incluir 25% de tarta (Figura 9), posiblemente obedecieron a las características nutricionales de cada una de las materias primas utilizadas en la elaboración del suplemento. La inclusión de un 3% de torta de soya en el T1 quizá aportó un efecto complementario en la disponibilidad y variedad de aminoácidos esenciales

⁶⁷ KU VERA, j. *et al.* Arboles y arbustos para la producción animal en el trópico Mexicano Conferencia electrónica de la FAO sobre "Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica". [online]. [Mayo 23 de 2006], p1. Disponible en la Word Wide Web: <http://www.fao.org/ag/Aga/AGAP/FRG/AGROFOR1/Botero8.htm>

necesarios para la síntesis tisular, lo que se vio reflejado en mayores incrementos de peso en aquellos animales sometidos a esta dieta.

Al respecto Maynard *et al* afirman que: “La deficiencia de cualquiera de los aminoácidos esenciales es realmente una deficiencia de proteína. Debido a la incapacidad para utilizar todos los aminoácidos para la síntesis proteica, los que no son utilizados se desaminan y aumenta la excreción de urea, que a su vez demanda energía y con ella la productividad animal se disminuye”⁶⁸.

De lo anterior se puede deducir que aunque las tres dietas en estudio tuvieron similar contenido proteico, la inclusión de una fuente de proteína complementaria puede mejorar la gama de aminoácidos y por ende su aprovechamiento por parte del animal, lo cual es corroborado por Maynard *et al* ⁶⁹ quienes argumentan que un desequilibrio de aminoácidos deriva de la adición a una dieta baja en proteína de uno o más aminoácidos que no sean de los que limitan el crecimiento, en cantidades tales que en forma individual no sean tóxicos pero que produzcan una disminución en el apetito y crecimiento; previsible fácilmente por la complementación de un aminoácido limitante del crecimiento, una dieta mal balanceada también interfiere con la síntesis de proteínas en el hígado.

En la Tabla 10. Se muestran los aportes de proteína y NDT de las dietas experimentales. Los datos obtenidos permiten deducir que el mayor incremento de peso ostentado por los animales que consumieron la dieta correspondiente a T1 (25% tarta) posiblemente obedecieron a una mejor sincronización en los aportes energético proteicos como también a la complementariedad aminoacídica de las raciones al incluir mayor variedad en las materias primas utilizadas en su formulación.

En este sentido, Montagnini, quien asevera que:

Desde el punto de vista científico, el mayor valor nutricional de la combinación de especies comparado con aquel obtenido con las especies ofrecidas individualmente puede explicarse por razones asociadas con la reducción de los efectos tóxicos de un forraje en particular, con efectos sinérgicos a nivel digestivo de los componentes de la mezcla o con un incremento en la variedad y palatabilidad de la dieta. Estas interpretaciones destacan tres aspectos importantes del valor nutritivo de las mezclas de árboles forrajeros: los

⁶⁸ MAYNARD, *et al*. Op. cit., p. 189.

⁶⁹ *Ibid.*, p 140.

factores antinutricionales, los efectos asociativos en digestibilidad y los efectos asociativos en consumo voluntario⁷⁰.

Tabla 10. Aportes de proteína y NDT de las dietas experimentales (kg/animal/día).

Consumo de materia seca			
Tratamiento	Suplemento	Kikuyo	Total
Concentrado	2,61	1,76	4,38
25%	2,61	2,23	4,85
50%	2,61	2,49	5,11
Aporte de proteína			
	Suplemento	Kikuyo	Total
Concentrado	0,4176	0,2288	229
25%	0,4176	0,2899	290
50%	0,4176	0,3237	324
Aporte de NDT			
	Suplemento	Kikuyo	Total
Concentrado	1,827	1,1968	1199
25%	1,827	1,5164	1518
50%	1,827	1,6932	1695

Es necesario tener en cuenta que los incrementos de peso no son correspondientes con los consumos y aportes lo cual quizá se debió a elementos protectores de la proteína como taninos a lo cual Botero y Ruso se refieren afirmando que:

Las plantas forrajeras con niveles altos de taninos mezcladas con especies altas en nitrógeno soluble, mejora el uso de nitrógeno por rumiantes, reduciendo la degradación de proteína soluble en el rumen y diluyendo el efecto de los compuestos tóxicos. Debido a la propiedad de formar complejos con proteína a pH neutro y liberarla a un pH bajo, los taninos se pueden usar para reducir la magnitud de la degradación de proteína soluble en el rumen y de esta forma incrementar la cantidad del flujo de nitrógeno no-amoniaco hacia el intestino delgado⁷¹.

⁷⁰ MONTAGNINI, Op. cit., p 1.

⁷¹ BOTERO Y RUSO, Op. cit., p 1.

6.4.3 Conversión alimenticia. el análisis de varianza (Anexo D) mostró diferencias ($P < 0.05$) para tratamientos. Según la prueba de Tukey el T1 presentó la mejor conversión ($P < 0.05$) con 5.91, los tratamientos T0 y T2 fueron similares estadísticamente con 7.51 y 8.63 respectivamente (Figura 10).

La mejor conversión para T1 pudo tener origen en un efecto asociativo de la tarta y la torta de soya, de igual manera el procesamiento en cuanto a secado y molienda de la tarta pudo aportar características de mayor disponibilidad biológica de los principios nutritivos en los animales que recibieron esta dieta.

Respecto a lo anterior Vargas asegura que:

La cantidad de nutrientes que un rumiante puede extraer de un alimento puede ser modificada por el tipo y cantidad de otros alimentos consumidos además de la forma de presentación física de los mismos. Todos estos procesos interactivos pueden tener consecuencias sustanciales para la nutrición y producción animal. Este fenómeno es conocido como efecto asociativo. Los efectos asociativos entre componentes de una dieta mezclada ocurren cuando, como resultado de los procesos interactivos, el valor nutritivo de la mezcla no es igual a la suma de sus componentes individuales. Estos efectos pueden ser positivos o negativos cuando existe sinergismo o antagonismo entre los componentes de la mezcla⁷².

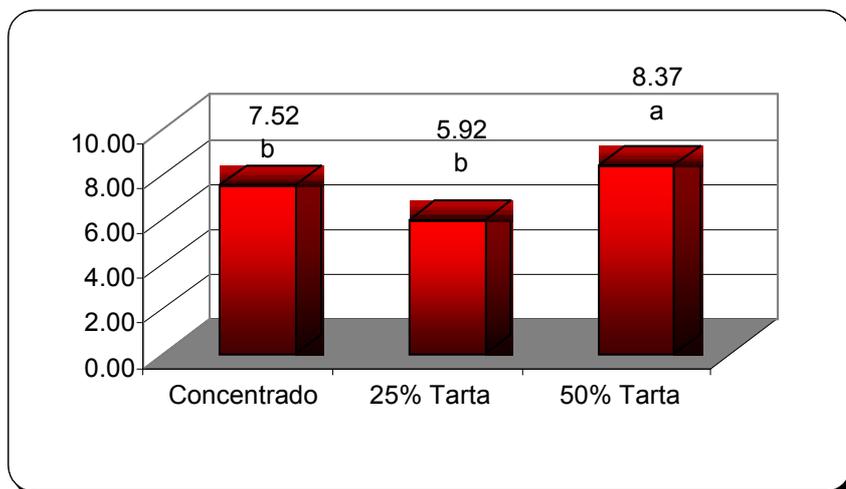
Montagnini concuerda con lo anterior al afirmar que:

Los efectos asociativos están gobernados por el grado de sincronización de las tasas de fermentación de los diferentes componentes de la mezcla y estos a su vez, dependen de la fermentabilidad de sus componentes químicos. Sin embargo, es difícil predecir exactamente qué consecuencias tendría un efecto asociativo en producción animal, por ejemplo, un efecto asociativo alto significaría que los animales estarían recibiendo mayor cantidad de material potencialmente fermentable con la mezcla que cuando reciben los forrajes como componentes individuales. Efectos asociativos de mezclas de forrajes han sido reportados tanto en la digestibilidad y consumo voluntario como en el incremento de peso⁷³.

⁷² VARGAS, J.E. Caracterización de recursos forrajeros disponibles en tres agroecosistemas del Valle del Cauca. En: Memorias del III seminario internacional sobre Desarrollo Sostenible de Sistemas Agrarios. Fundación CIPAV Cali, Colombia. 1994 pp. 135-152.

⁷³ MONTAGNINI, Op. cit., p 1.

Figura 10. Conversión alimenticia de novillas suplementadas con tarta (*O. mexicanum*)



6.5 ANALISIS ECONOMICO

Los costos de elaboración de los suplementos utilizados en el experimento se presentan en la tabla 11.

Los costos del forraje de tarta se estimaron teniendo en cuenta la mano de obra utilizada en la recolección, transporte, secado y molienda del material, por un valor de \$200 por kg de materia seca.

Tabla 11. Costo por kg de suplemento de las dietas experimentales (pesos año 2005)

Materia prima	25% tarta			50% tarta		
	Cantidad (kg)	Costo (kg)	Total	Cantidad (kg)	Costo (kg)	Total
Melaza	7	\$266.0	\$1862.0	10	\$266.0	\$2660.0
Torta de soya	3	\$1100.0	\$3300.0	0	\$1100.0	
Salvado de trigo	65	\$480.0	\$31200.0	40	\$480.0	\$19200.0
Tarta	25	\$200.0	\$5000.0	50	\$200.0	\$10000.0
\$ kg suplemento			\$413.620			\$318.60

El suplemento de mayor costo fue el comercial (\$575) seguido del suplemento con 25% de tarta (\$ 413.62); con la inclusión de 50% de tarta se obtuvo el menor

costo por kg (\$ 318.6). Los menores costos observados en los suplementos con tarta obedecieron al bajo valor de este forraje ya que por ser de crecimiento silvestre no se incurrió en gastos por labores de manejo como cultivo y fertilización.

De otra parte, para el cálculo del beneficio neto parcial se asumió un costo por kg de novilla en pie de \$4500 (Tabla 10) con el fin de cuantificar el valor del peso ganado por los animales con las diferentes dietas.

El mayor beneficio neto lo presentaron aquellos animales que consumieron la dieta correspondiente al T1 (\$245.728/animal/periodo), seguido de T2 (\$155.848/animal/periodo). El T0 (concentrado comercial) presentó el menor beneficio neto (\$-35/animal/periodo). Los mayores ingresos obtenidos en los tratamientos con tarta especialmente en aquel que incluyó el 25% de harina de este forraje, quizá obedeció a un adecuado aprovechamiento de sus nutrientes; producto de una buena digestibilidad y principalmente al equilibrio y complementariedad de aminoácidos y minerales que aportaron las materias primas utilizadas en su elaboración, lo que se vio reflejado en mayores incrementos de peso vivo y por ende mayores ingresos por este concepto.

El suplemento comercial presentó el menor beneficio neto parcial, no queriendo decir con esto que su valor nutricional fuera menor que los otros suplementos estudiados, puesto que la variación estadística por incrementos de peso se vio únicamente con el T1; lo que permite deducir que los menores ingresos obtenidos al suplementar con concentrado comercial obedecen principalmente a su elevado costo respecto a las otras dietas en experimentación.

Tabla 10. Beneficio neto parcial por incremento de peso vivo

Tratamiento	CFP	Costo (\$)	CSP	Costo (\$)	Total (\$)	IPP	Ingreso (\$)*	Ingreso neto (\$)
Sup comercial	236.70	35505.0	156.6	90045.0	25550.0	56.70	255.150	-35
25% TARTA	279.00	41850.0	156.6	64772.8	106622.8	78.30	352.350	245.728
50%TARTA	302.4	45360.0	156.6	49892.7	95252.7	55.80	251.100	155.848

CFP = Consumo de forraje en el periodo experimental

CSP = Consumo de suplemento en el periodo experimental

IPP = Incremento de peso en el periodo experimental

* \$4.500 por kg de novilla en pie

De igual manera cabe anotar que el rechazo de suplemento en todo el periodo experimental fue nulo, por tanto la variación encontrada en los beneficios netos se atribuye esencialmente al costo de elaboración de cada una de las dietas.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

La tarta posee un sistema radical profundo con orientación vertical (ortótrofo) lo que le confiere una mayor eficiencia en la extracción de humedad y nutrientes y una ventaja importante en la asociación con gramíneas de raíz superficial.

El sistema radical de la tarta presenta nódulos que indican cierto grado de actividad en la fijación de nitrógeno atmosférico, característica que se refleja en su nivel de proteína y la abundante vegetación acompañante en especial de gramíneas.

La composición bromatológica de la tarta depende en gran medida de la parte seleccionada para el análisis, características botánicas y taxonómicas y edad de cosecha.

Los resultados obtenidos en la prueba de digestibilidad *In situ* mostraron que la mayoría de las fracciones analizadas superan a los reportados para otras especies arbustivas de trópico alto, lo que pone en evidencia el alto potencial nutritivo de este forraje.

La inclusión de 25% de harina de tarta en el suplemento posibilita mayores incrementos de peso (0.87kg/día) y conversión alimenticia (5.92) en las terneras como resultado de una adecuada sincronización en cuanto a cantidad y calidad de aminoácidos como también a un efecto asociativo de las materias primas utilizadas sobre la digestibilidad de la dieta total.

Los costos de los suplementos resultaron directamente proporcionales al nivel de tarta en ellos, en virtud a su disponibilidad como forraje silvestre.

El mayor beneficio neto lo presentaron aquellos animales que consumieron suplemento con 25% tarta (\$245.728/animal/periodo), debido a los adecuados índices productivos logrados con esta dieta

7.2 RECOMENDACIONES

Promover el cultivo de la tarta bajo diferentes sistemas con la finalidad de incorporarla a la dieta de los herbívoros, mejorar el balance nutricional de los mismos y reducir costos por alimentación.

Utilizar harina de tarta en la elaboración de suplementos para terneras en un nivel máximo del 25%.

Evaluar la presencia de posibles factores antinutricionales de la tarta que pudieran interferir la utilización de sus componentes por la microbiota ruminal o enzimas propias del animal.

Estudiar el posible efecto de la incorporación de tarta sobre los niveles de proteína sobrepasante y sus repercusiones en la producción de leche y comportamiento en peso.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ACOSTA, W. y MONCAYO, O. Valor nutritivo del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) bajo dos sistemas de labranza y fertilización orgánica y/o mineral en zona de ladera. Tesis (Zootecnista). Pasto, Colombia: Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias, 2002. 173p.

ALDERMAN, G. Necesidades energéticas y proteicas de los rumiantes, Zaragoza, España: Acribia, 1996. 250 p.

APRAEZ, E. y MONCAYO, O. Efecto de la rehabilitación de una pradera de kikuyo (*pennisetum clandestinum* Hoechst) sobre la digestibilidad *in situ* del forraje. [online]. 2006. [marzo 16 de 2006], p.1. Disponible en la Word Wide Web: <http://www.virtualcentre.org/es/enl/keynote12.htm>

APRAEZ, E. Análisis químico de alimentos. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, Facultad de Zootecnia, 1992. 175 p.

ARIAS, F. Árboles nativos de uso múltiple utilizados por pequeños productores de Guatemala. En Revista Forestal Centroamericana. N°.7, 1994. 10-15 pp.

CASTEJON, F. Fundamentos de Fisiología Animal. Ediciones Universidad Navarra, S.A. Pamplona. [online]. 1979. vol 3. N°6 . [mayo 1 de 2006], p. 562 Disponible en la Word Wide Web: http://www.puc.cl/sw_educ/prodanim/digestiv/fii3a.htm

BERNAL, H y CORREA, J. Especies vegetales promisorias de los países del Convenio Andrés Bello. Santa Fe de Bogotá: Guadalupe, 1998. 621 p.

BERNAL, J. Pastos y forrajes tropicales: producción y manejo. Bogotá, Banco ganadero, 1988. 156 p.

BONDI, A. Nutrición animal. Zaragoza: Acribia, 1989. 544 p.

BOTERO, R. Sistemas intensivos para la producción animal y de energía renovable con recursos tropicales. Bogotá, Colombia: Satchell, 1988. 166 p.

Botero, R y Russo, R. Utilización de árboles y arbustos fijadores de nitrógeno en sistemas sostenibles de producción animal en suelos ácidos tropicales. Conferencia electrónica de la FAO sobre "Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica". [online]. [Mayo 22 de 2006], p1. Disponible en la Word Wide Web: <http://www.fao.org/ag/Aga/AGAP/FRG/AGROFOR1/Botero8.htm>

CÉSPEDES, D; MORALES, J y ROA, Maria. Evaluación nutricional de tres especies de árboles forrajeros en bovinos fistulados en el pie de monte llanero. 2003 (consulta via internet http://www.encolombia.com/acovez24284_evaluación9.htm)

www.encolombia.com/acovez24284_evaluación9.htm)

CHURCH, D. El rumiante: Fisiología digestiva y nutrición. México: Acribia, 1996. 641 p.

CHURCH, D y POND, W. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales, México: Limusa, 1990. 438 p.

Dávila, C., D. Urbano. 1996. Leguminosas arbóreas en la zona sur del lago de Maracaibo. En: Clavero, T: Leguminosas forrajeras arbóreas en la agricultura tropical. Editorial Ars Gráfica. Venezuela. pp: 101-113.

DUKES, H. Fisiología de los Animales Domésticos. Tercera Edición. Ediciones Aguilar, S.A. Madrid. 1 969. p. 962.

Escobar, A., E. Romero, A. Ojeda. 1996. *Gliricidia sepium*: El matarratón un árbol multipropósito. Editorial Exibris. Venezuela. 78 p.

ESQUIVEL , J. Digestión en la vaca lechera. Infocarne. [online]. 2001. vol 3. N°6 . [Septiembre 1 de 2005], p.1. Disponible en la Word Wide Web:

www.infocarne.com

ESQUIVEL, S. *et al.* Suplemento de vacas lecheras en pastoreo con morera (*Morus sp*) en la zona alta del valle central de Costa Rica. Costa Rica, Turrialba, 1996. 80 p.

JARAMILLO, Yolanda. y JIMENEZ, Jeny. Evaluación nutricional de tres especies de árboles forrajeros en la alimentación de vacas Holstein en el trópico alto de Nariño. Tesis Zoot. Pasto, Colombia: Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias, 2000. 88 P.

HOWARD, Terry. Digestión de la vaca lechera. Wisconsin, Estados Unidos: Babcock, 1997. 14 p.

Ku Vera, j. Ramírez, A. Jiménez, F. Alayón, J y Ramírez, L. Árboles y arbustos para la producción animal en el trópico Mexicano Conferencia electrónica de la FAO sobre "Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica". [online]. [Mayo 23 de 2006], p1. Disponible en la Word Wide Web:

<http://www.fao.org/ag/Aqa/AGAP/FRG/AGROFOR1/Botero8.htm>

MEDRANO, J. Subproductos agrícolas y su utilización en sistemas integrados de producción. En: Memorias del curso alternativas no tradicionales para la alimentación de rumiantes. Pasto, Colombia: ICA, 1992. 150p.

Milera, M. Martín, G. Sánchez, G. Hernández I y Fernández., E. Utilización del forraje de morera en la alimentación del ganado vacuno. Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey". [online]. 2005. [Septiembre 29 de 2005], p.1. Disponible en la Word Wide Web:

<http://www.fao.org/WAICENT/FAOINFO/AGRICULT/AGA/AGAP/FRG/AFRIS/espanol/Document/Morera/morera16.htm>

Montagnini, F. . Sistemas agroforestales: principios y aplicaciones en los trópicos. 2 ed. San José, Costa Rica. Organización para Estudios Tropicales. Conferencia electrónica de la FAO sobre "Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica". [online]. [Mayo 22 de 2006], p1. Disponible en la Word Wide Web: <http://www.fao.org/ag/Aga/AGAP/FRG/AGROFOR1/Botero8.htm>

Olivares, J. Jiménez, R, Rojas, S. y Martínez, H. Uso de las leguminosas arbustivas en los sistemas de producción animal en el trópico. Revista Electrónica de Veterinaria REDVET. [online]. 2005. vol V. Nº 6. [Septiembre 29 de 2005], p1. Disponible en la Word Wide Web:

<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n050505/050506.pdf>

ORSKOV, E. R. HOVELL, I. D. y MOULD, F. Uso de la técnica de bolsa de nylon para la evaluación de los alimentos. México: Producción animal Tropical, 1980. v. 5. pp. 213 - 233p.

PORTILLA, O, RODRIGUEZ, Patricia y SARRALDE, Carmen. Evaluación nutricional y degradabilidad "in situ" de algunas arbóreas y arbustivas con potencial forrajero para la suplementación de rumiantes en el altiplano de Nariño. Tesis (Especialista en Producción de Bovinos para Leche). Pasto, Colombia: Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias, 2000. 100 p.

ROA, María. CÉSPEDES, D. y MUÑOZ, J. Evaluación nutricional de tres especies de arboles forrajeros en bovinos fistulados en el pie de monte llanero. ACOVEZ. [online]. 1999. vol.24. Nº2. [Septiembre 29 de 2005]. Disponible en la Word Wide Web: http://www.encolombia.com/acovez24284_revista1.htm

Sánchez, M. Sistemas agroforestales para intensificar de manera sostenible la producción animal en Latinoamérica tropical. Memorias de una Conferencia Electrónica; Agroforestería para la Producción Animal en Latinoamérica; FAOCIPAV; Cali, Colombia 1998.

ULLOA, Carmen y MOLLER, P. El género *Otholobium*, Arboles y arbustos de los Andes del Ecuador. [online]. 2005. [Octubre 4 de 2005], p.1. Disponible en la Word Wide Web:

http://efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=201&taxon_id=123392

VAN SOEST, P. Nutritional ecology of de ruminant. New York: Cornell University Press, 1994. 476 p.

VARGAS, J.E. 1994. Caracterización de recursos forrajeros disponibles en tres agroecosistemas del Valle del Cauca. En: Memorias del III seminario internacional sobre Desarrollo Sostenible de Sistemas Agrarios. Fundación CIPAV Cali, Colombia. pp. 135-152.

WATTIAUX, M. Composición y análisis de los alimentos. Wisconsin, Estados Unidos: Babcock, 1997. 14 p.

ANEXOS

Anexo A. Análisis de varianza para la prueba de digestibilidad *In situ*

Fuente de variación	Cuadrados medios				
	Materia Seca	Proteína	FDN	FDA	ELN
Hora	2099.03 **	1969.04 **	14.21 **	1537.37 **	2080.82 **
Repetición	6.88 NS	4.62 NS	22.71 NS	25.65 NS	11.44 NS
R cuadrado	0.99	0.99	0.96	0.96	0.98
C.V	4.41	2.70	13.43	9.9	4.43

** Altamente significativo

* Significativo

NS No significativo

Anexo B. Análisis de varianza para la prueba de comportamiento

Fuente de variación	Cuadrados medios		
	Incremento de peso	Consumo de Materia seca	Conversión alimenticia
Tratamiento	0.1768 **	1.228 **	13.90 *
Periodo	0.1254 *	9.331 **	14.94 *
Animal	0.022 NS	0.026 NS	6.62 NS
R cuadrado	0.56	0.98	0.47
C.V	22.10	3.04	27.02

** Altamente significativo

* Significativo

NS No significativo

Anexo C. Análisis de varianza para la regresión, variable dependiente: digestibilidad *In situ* de la materia seca

Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P Value
CONSTANT	6.26474	0.381062	16.4402	0.0000
hora	0.171915	0.0277443	6.1964	0.0000
hora^2	0.00176463	0.000378075	4.66741	0.0002

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F Ratio	P Value
Model	44.3265	2	22.1633	28.42	0.0000
Residual	14.0372	18	0.779843		
Total (Corr.)	58.3637	20			

R squared = 75.9488 percent
R squared (adjusted for d.f.) = 73.2764 percent
Standard Error of Est. = 0.883087
Mean absolute error = 0.717647
Durbin Watson statistic = 0.716978
 $Y = 6.26474 + 0.171915 \cdot \text{hora} + 0.00176463 \cdot \text{hora}^2$

Anexo D. Análisis de varianza para la regresión, variable dependiente: digestibilidad *In situ* de la proteína.

Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P Value
CONSTANT	6.573	0.359083	18.305	0.0000
hora	0.161518	0.0261441	6.178	0.0000
hora^2	0.0016638	0.000356269	4.67008	0.0002

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F Ratio	P Value
Model	38.7946	2	19.3973	28.01	0.0000
Residual	12.4646	18	0.692479		
Total (Corr.)	51.2593	20			

R squared = 75.6832 percent
R squared (adjusted for d.f.) = 72.9813 percent
Standard Error of Est. = 0.832153
Mean absolute error = 0.678911
Durbin Watson statistic = 0.652839
 $Y = 6.573 + 0.161518 \cdot \text{hora} + 0.0016638 \cdot \text{hora}^2$

Anexo E. Análisis de varianza para la regresión, variable dependiente: digestibilidad *In situ* de la FDN.

Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P Value	
CONSTANT	2.16528	0.485076	4.46379	0.0003	
hora	0.237627	0.0353173	6.72834	0.0000	
hora^2	0.00230447	0.000481275	4.78827	0.0001	
Analysis of Variance					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F Ratio	P Value
Model	97.1075	2	48.5537	38.42	0.0000
Residual	22.7462	18	1.26368		
Total (Corr.)	119.854	20			

R squared = 81.0217 percent
R squared (adjusted for d.f.) = 78.913 percent
Standard Error of Est. = 1.12413
Mean absolute error = 0.909501
Durbin Watson statistic = 0.927151
 $Y = 2.16528 + 0.237627*hora + 0.00230447*hora^2$

Anexo F. Análisis de varianza para la regresión, variable dependiente: digestibilidad *In situ* de la FDA.

Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P Value	
CONSTANT	4.07146	0.359447	11.327	0.0000	
hora	0.177664	0.0261706	6.7887	0.0000	
hora^2	0.00167042	0.00035663	4.68389	0.0002	
Analysis of Variance					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F Ratio	P Value
Model	58.4178	2	29.2089	42.09	0.0000
Residual	12.4899	18	0.693885		
Total (Corr.)	70.9077	20			

R squared = 82.3857 percent
R squared (adjusted for d.f.) = 80.4285 percent
Standard Error of Est. = 0.832998
Mean absolute error = 0.668567
Durbin Watson statistic = 0.915333
 $Y = 4.07146 + 0.177664*hora + 0.00167042*hora^2$

Anexo G. Análisis de varianza para la regresión, variable dependiente: digestibilidad *In situ* del ELN.

Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P Value
CONSTANT	6.25574	0.379226	16.4961	0.0000
hora	0.171411	0.0276106	6.20814	0.0000
hora^2	0.00175878	0.000376254	4.67445	0.0002

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F Ratio	P Value
Model	44.108	2	22.054	28.55	0.0000
Residual	13.9023	18	0.772348		
Total (Corr.)	58.0102	20			

R squared = 76.0348 percent
R squared (adjusted for d.f.) = 73.372 percent
Standard Error of Est. = 0.878833
Mean absolute error = 0.712717
Durbin Watson statistic = 0.729236
 $Y = 6.25574 + 0.171411 \cdot \text{hora} + 0.00175878 \cdot \text{hora}^2$