

**EVALUACION NUTRICIONAL DE TRES ESPECIES DE ARBOLES  
FORRAJEROS EN LA ALIMENTACION DE VACAS HOLSTEIN EN EL  
TROPICO ALTO DE NARIÑO**

**YOLANDA MARCELA JARAMILLO RIASCOS  
JENY NURY JIMENEZ ARCINIEGAS**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS  
PROGRAMA DE ZOOTECNIA  
PASTO - COLOMBIA  
2000**

**EVALUACION NUTRICIONAL DE TRES ESPECIES DE ARBOLES  
FORRAJEROS EN LA ALIMENTACION DE VACAS HOLSTEIN EN EL  
TROPICO ALTO DE NARIÑO**

**YOLANDA MARCELA JARAMILLO RIASCOS  
JENY NURY JIMENEZ ARCINIEGAS**

**Tesis de grado presentada como  
requisito parcial para optar al título de  
ZOOTECNISTAS**

**Presidente.  
JORGE MEDRANO LEAL  
Zootecnista, M.Sc.**

**Copresidente  
EDMUNDO APRAEZ GUERRERO  
Zootecnista, M.Sc.**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS  
PROGRAMA DE ZOOTECNIA  
PASTO - COLOMBIA  
2000**

**NOTA DE ACEPTACION**



---

**JULIO CESAR RIVERA BARRERO**  
Jurado Delegado



---

**EUGENIO MORENO TAMAYO**  
Jurado



---

**JORGE MEDRANO LEAL**  
Presidente



---

**EDMUNDO APRAEZ GUERRERO**  
Copresidente

San Juan de Pasto, 17 de Mayo del 2000

"Las ideas y conclusiones aportadas en la tesis de grado son responsabilidad exclusiva de sus autores".

Artículo 1° del acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966 emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

**DEDICADO A :**

**La Memoria de mi Padre : JULIO CESAR JARAMILLO**

**Mi madre : ELVIA MARIA RIASCOS**

**Mis gemelas : JULIANA y DANIELA**

**Mis hermanos.**

**Todos mis buenos amigos.**

**YOLANDA MARCELA JARAMILLO RIASCOS**

**DEDICO A :**

La memoria de mi Madre : LILIA ESPERANZA  
Mi padre : JOSÉ ARGEMIRO  
El esfuerzo de mi hermano : ELIECER ORLANDO  
Mis hermanos : JESÚS, GUIMAR, ARGENIS,  
LILIA, EDWIN.  
Mis familiares.

**JENY NURY JIMENEZ ARCINIEGAS**

## AGRADECIMIENTOS

Las autoras expresan sus agradecimientos a:

JORGE MEDRANO LEAL, Zoot, M.Sc.  
EDMUNDO APRAEZ GUERRERO, Zoot, M.Sc.  
JULIO CESAR RIVERA BARRERO, Zoot, M.Sc.  
EUGENIO MORENO TAMAYO, Zoot.  
LUIS FERNANDO CAMPUZANO, I.A., Ph.D.  
FERNANDO BAEZ DIAZ, Agrológo.  
MARCO ANTONIO IMUEZ, Zoot.  
PATRICIA RODRIGUEZ, Zoot.  
HECTOR NARVAEZ ESTRADA, Técnico Transferencia y Comunicación.  
SANDRA ESPINOSA NARVAEZ, Técnica Química, IPA.  
ARQUIMEDES CORDOVA ORTIZ, Técnico Agropecuario.  
LUIS ORDOÑEZ ORTIZ, Técnico Agropecuario.

La Facultad de Ciencias Pecuarias de la Universidad de Nariño.

Todo el personal que labora en la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, C.I. Obonuco.

Todos aquellas personas que han contribuido en la culminación de este trabajo.

## TABLA DE CONTENIDO

		Pag.
	INTRODUCCION	1
1	DEFINICION DEL PROBLEMA	4
2	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	7
3	OBJETIVOS	8
3.1	OBJETIVO GENERAL	8
3.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS	8
4	MARCO REFERENCIAL	10
4.1	SITUACION DE LA GANADERIA DE LECHE EN NARIÑO	10
4.2	ASPECTOS NUTRICIONALES DE LOS RUMIANTES	11
4.3	VARIABLES QUE DETERMINAN EL CONSUMO DE ALIMENTO	16
4.4	IMPORTANCIA DE LA ALIMENTACIÓN EN LA PRODUCTIVIDAD DE LOS ANIMALES	17
4.4.1	Importancia de alimentación en la lactancia	17
4.4.2	Importancia de la alimentación en la salud y la fertilidad	23
4.5	NUEVAS Y DIFERENTES FUENTES PROTEICAS	25
4.6	IMPORTANCIA DE LOS ARBOLES FORRAJEROS	28
4.6.1	Usos de las plantas forrajeras	33
4.6.2	Manejo de los árboles forrajeros	34
4.7	IMPORTANCIA DE LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES	38

		Pag.
4.8	DESCRIPCION DE LAS ESPECIES ARBOREAS	40
4.8.1	Quillotocto	40
4.8.2	Sauco	43
4.8.3	Acacia	44
5	DISEÑO METODOLOGICO	48
5.1	LOCALIZACION	48
5.2	ANIMALES	48
5.3	INSTALACIONES, EQUIPOS Y UTENCILIOS.	49
5.4	ALIMENTO Y ALIMENTACION	49
5.5	TRATAMIENTOS	50
5.6	DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANALISIS ESTADÍSTICO	50
5.6.1	FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS	53
5.7	PLAN DE MANEJO	53
5.8	VARIABLES EVALUADAS	54
5.8.1	Consumo de alimento	54
5.8.2	Análisis de laboratorio	54
5.8.3	Digestibilidad ruminal in situ	55
5.8.4	Comportamiento en peso de los grupos experimentales	55
5.8.5	Producción de leche	55
5.8.6	Composición de leche	55
5.8.7	Análisis económico	56
6	PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS	57
6.1	CONSUMO DE ALIMENTO	57

	Pag.	
6.1.1	Consumo de follaje fresco de árbol	57
6.1.2	Consumo de ensilaje de avena	60
6.1.3	Consumo de suplemento	62
6.2	<b>ANALISIS DE LABORATORIO</b>	64
6.2.1	Valor nutritivo de las especies arbóreas	64
6.2.2	Valor nutritivo de los suplementos	72
6.2.3	Valor nutritivo del ensilaje de avena	73
6.3	<b>DEGRADABILIDAD RUMINAL in situ DE LOS SUPLEMENTOS</b>	76
6.3.1	Degradabilidad ruminal in situ de la materia seca	78
6.3.2	Degradabilidad ruminal in situ de la proteína	84
6.4	<b>COMPORTAMIENTO EN PESO DE LOS GRUPOS EXPERIMENTALES</b>	92
6.5	<b>PRODUCCION DE LECHE</b>	98
6.6	<b>COMPOSICION DE LA LECHE</b>	102
6.7	<b>ANALISIS ECONOMICO</b>	108
7	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	113
7.1	<b>CONCLUSIONES</b>	113
7.2	<b>RECOMENDACIONES</b>	116
8	<b>RESUMEN</b>	118
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b>	121
	<b>ANEXOS</b>	133

## LISTA DE TABLAS

	Pag.
Tabla 1. Composición promedio de la leche para diferentes razas(%).	19
Tabla 2. Distribución de los tratamientos en el diseño cuadrado latino.	52
Tabla 3. Niveles de aceptación del follaje de árbol forrajero en vacas lactantes (kg de FV/animal/día).	58
Tabla 4. Consumo de alimento de los grupos experimentales Suplementados con diferentes dietas(kg/animal/día).	62
Tabla 5. Composición química del follaje de las tres especies arbóreas(%BS).	65
Tabla 6. Balance de los suplementos experimentales con árbol forrajero.	74
Tabla 7. Composición química del ensilaje de avena y los suplementos utilizados en la alimentación de vacas lactantes(% BS).	75
Tabla 8. Degradabilidad <i>in situ</i> de la materia seca y de la proteína del ensilaje de avena.	77
Tabla 9. Degradabilidad <i>in situ</i> de la materia seca de los suplementos experimentales (%).	79
Tabla 10. Degradabilidad <i>in situ</i> de la proteína de los tratamientos experimentales (%).	85

	Pag.
Tabla 11. Comportamiento en peso de los animales en los diferentes tratamientos y periodos experimentales (kg/animal/día).	93
Tabla 12. Producción total y promedia de leche en vacas alimentadas con los tratamientos experimentales.	99
Tabla 13. Producción promedia de leche en vacas alimentadas con ensilaje de avena y los suplementos en cada tratamiento y periodo experimental (kg/animal/día).	100
Tabla 14. Composición promedia de la leche de vacas suplementadas con árbol forrajero.	104
Tabla 15. Análisis de presupuestos parciales de vacas Holstein alimentadas con ensilaje de avena y suplementadas con las dietas experimentales (\$/animal/día).	110

## LISTA DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1. Quillotocto ( <i>Tecoma stans</i> ), árbol experimental en la dieta 3.	42
Figura 2. Sauco ( <i>Sambucus peruviana</i> ), árbol experimental en la dieta 2.	45
Figura 3. Acacia ( <i>Acacia decurrens</i> ), árbol experimental en la dieta 4.	47
Figura 4. Nivel de consumo de follaje de árbol forrajero en condiciones de semiestabulación (kg/animal/día).	59
Figura 5. Consumo de materia seca expresado como porcentaje del peso vivo de los grupos experimentales.	63
Figura 6. Degradabilidad de la materia seca de los suplementos experimentales.	82
Figura 7. Degradabilidad de la proteína de los suplementos experimentales.	89
Figura 8. Incremento de peso promedio en cada tratamiento experimental.	95
Figura 9. Kilogramos de grasa por producción de leche en los cuatro tratamientos experimentales.	105

## LISTA DE ANEXOS

	Pag.
Anexo A. Consumo de materia seca de los grupos experimentales.	134
Anexo B. Análisis estadístico para la variable consumo total de alimento.	136
Anexo C. Análisis estadísticos para la variable digestibilidad ruminal in situ de los suplementos.	139
Anexo D. Curvas de producción y peso corporal en vacas lactantes.	152
Anexo E. Producción y composición de leche de los grupos sometidos a los tratamientos experimentales	156
Anexo F. Análisis de costos	163

**EVALUACION NUTRICIONAL DE TRES ESPECIES DE ARBOLES  
FORRAJEROS EN LA ALIMENTACION DE VACAS HOLSTEIN EN EL  
TROPICO ALTO DE NARIÑO, COLOMBIA (\*)**

**YOLANDA MARCELA JARAMILLO RIASCOS  
JENY NURY JIMENEZ ARCINIEGAS**

**INTRODUCCION**

En la explotación de ganado lechero, la alimentación constituye un factor básico para lograr buenos resultados en producción. En los países tropicales este factor se ha convertido en una limitante en la productividad del hato, debido a las diferentes variables de carácter ambiental que rigen la disponibilidad de alimentos necesarios para la dieta de la vaca lechera.

El régimen de lluvias afecta la producción de forrajes, que es la fuente principal de la alimentación del ganado lechero en Colombia y la más económica para

---

(\*) Tesis de Grado presentada como requisito parcial para optar al título de Zootecnistas, bajo la presidencia de Jorge Medrano Leal, Zoot., M.Sc. y la copresidencia de Edmundo Apraez Guerrero, Zoot., M.Sc.

hacer sostenible la producción de leche. La variación estacional es muy notable en el trópico alto, en donde se logra con rapidez pastos abundantes en época de lluvias y crecimientos casi nulos en época de verano, registrándose pérdidas marcadas respecto a la producción alcanzada en invierno.

Para solventar estos desfases, el productor pecuario se ve abocado a una serie de estrategias alimentarias que resultan muchas veces antieconómicas, impidiéndole invertir en otros aspectos importantes como la calidad de leche, factor limitante a la hora de entrar a competir en el mercado.

Por otro lado, mientras se busca la sostenibilidad de la producción pecuaria, para mantener un desarrollo económico, los problemas de degradación de la tierra se intensifican cada vez más; la alta demanda de carne y leche hace que grandes extensiones de bosques tropicales se conviertan en pastizales para lograr beneficios a corto plazo, con el tiempo estas tierras pierden su fertilidad y deben ser abandonadas, sin que el productor haya vislumbrado otras alternativas alimentarias menos nocivas para el medio.

Es así, que de todos los ecosistemas naturales, por su importancia y proporción los más afectados son los bosques tropicales, la razón es que la mayor parte de los bosques se talan para generar ganadería extensiva. La crisis socioeconómica y ambiental de nuestro continente es la característica

más notable de los últimos años; de la cual los campesinos son uno de los sectores más golpeados en la sociedad.

El presente trabajo plantea buscar alternativas alimenticias que permitan mantener un desarrollo sostenible; para tal efecto se estudian tres especies arbóreas nativas del altiplano de Nariño, determinando su contenido nutricional y eventualmente su potencial tóxico; realizando experiencias con animales para conocer su aceptabilidad, su efecto en la producción y composición de la leche y los niveles de inclusión en la dieta. Para finalmente definir su utilidad e importancia en el campo pecuario.

## 1. DEFINICION Y DELIMITACION DEL PROBLEMA

Los factores ambientales que intervienen en la producción de alimentos, han ocasionado descensos drásticos en la producción lechera, lo cual, es tan solo un efecto inmediato de la deficiente alimentación, por que los efectos secundarios suelen ser más peligrosos para la estabilidad de la explotación, tales como el deterioro físico de los animales que es de difícil recuperación, los efectos severos en reproducción, la mayor susceptibilidad a enfermedades, etc.

Para tratar de superar estos inconvenientes se han implementado una serie de alternativas, como por ejemplo el uso de riego en épocas de verano, esta es una opción con la que no siempre se puede contar; otra tecnología disponible es sembrar forrajes para cosechar en verde y suministrarlos al animal o almacenarlos en forma de heno o ensilaje, pero esto exige más mano de obra, inversión en siembras y lo más difícil la necesidad de maquinaria adecuada cuando así lo requiera para realizar todo el proceso; también se han elaborado suplementos para vacas lecheras para sustituir en gran parte el forraje, esta es una alternativa útil, pero debe balancearse y suministrarse correctamente según los requerimientos del animal, además el costo del producto no siempre es competitivo con el bajo margen de ganancia.

Como se puede apreciar el problema tecnológico para sustituir forrajes naturales obtenidos por la vaca directamente en la pradera, es complejo por costos, calidad, infraestructura de la finca, mano de obra, etc. todo lo cual es una razón para que el factor alimentación, sea lo suficientemente importante como para analizarlo cuidadosamente y buscar soluciones adecuadas al medio.

Por otra parte, el establecimiento cada vez mayor de la agricultura y la ganadería, y la mala utilización de los recursos naturales, han provocado una reducción en el potencial productivo de las tierras, lo cual conlleva a que se busque nuevas áreas para explotar. La práctica más común en los países de América Latina cuando requieren espacio para la alimentación de la ganadería, es la de limpiar toda la superficie para sembrar gramíneas que sustenten el ganado, es decir deforestar todo lo que existe, para el cultivo de una sola especie; ocasionando un terrible daño para el ecosistema.

La utilización de árboles forrajeros a partir del desarrollo de sistemas silvopastoriles, es una propuesta tendiente a solucionar parcialmente el problema alimenticio, contribuye además a controlar la degradación del suelo y a restablecer el potencial productivo de las áreas del departamento de Nariño, que se han visto afectadas por el manejo inadecuado, en búsqueda del mantenimiento de la producción pecuaria en el largo plazo. De acuerdo con la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA), el 30%

de los suelos de la zona Andina del Departamento se encuentran en estado avanzado de improductividad.

Las investigaciones en el área de árboles forrajeros proporcionan información al productor para la utilización más eficiente de estos recursos, y así incrementar o al menos mantener la producción pecuaria; por ello se considera importante la posibilidad de establecer estos sistemas en el trópico alto, utilizando árboles nativos que solventen las exigencias de los animales, para la producción de leche.

finalmente se debe tener en cuenta que el uso indiscriminado de los recursos naturales conducirá a extremos catastróficos difíciles de controlar. Los árboles forrajeros se plantean como una alternativa para los rumiantes en búsqueda de soluciones alimenticias, de bajo costo y que ocasionen un mínimo impacto ambiental.

## **2. FORMULACION DEL PROBLEMA**

En el trópico de altura, existe diversidad de especies forrajeras arbóreas promisorias cuyo uso es limitado debido a la falta de conocimientos sobre el valor nutritivo del follaje, los niveles de inclusión en la dieta y respuesta animal.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Determinar el valor nutricional del follaje de tres especies de árboles forrajeros, utilizables en sistemas silvopastoriles en la alimentación suplementaria de vacas Holstein, en el trópico alto de Nariño.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

**3.2.1** Establecer los niveles de aceptación del follaje de tres especies de árboles forrajeros, dentro de la alimentación de vacas Holstein.

**3.2.2** Calcular la digestibilidad ruminal *in situ* del material en estudio.

**3.2.3** Analizar la calidad nutricional de estas especies arbóreas.

**3.2.4** Determinar el comportamiento productivo de vacas Holstein, incluyendo dentro de su alimentación determinada cantidad de estas especies forrajeras, en materia seca.

**3.2.5** Definir la incidencia de estos materiales forrajeros, en la composición de la leche mediante pruebas organolépticas y de laboratorio (densidad, grasa, proteína y lactosa).

**3.2.6** Obtener la relación costo/beneficio que implica el uso de estas especies forrajeras en la suplementación de vacas Holstein.

## **4. MARCO TEORICO**

### **4.1 SITUACION DE LA GANADERIA DE LECHE EN NARIÑO**

Una de las principales actividades pecuarias del Departamento de Nariño es la ganadería de leche; el 8,6% de la superficie del Departamento esta dedicada a la ganadería con una población bovina que oscila entre 300.000 y 350.000 cabezas, con una capacidad de carga aproximada de 1,0 cabezas por hectárea (Gobernación de Nariño, 1996, 34).

De igual manera, Caicedo, citado por Imuez y Rosero (1984, 14) menciona que el principal renglón de las explotaciones pecuarias del Departamento de Nariño lo constituye el de la leche. No obstante, las explotaciones ganaderas han visto bajar su rentabilidad debido al grave problema alimenticio.

De acuerdo con Rivera (1997, 59), la alimentación es uno de los rubros que acapara más del 50% de los costos totales de producción de leche en nuestro medio, de ahí que toda mejora que implique una alimentación económica y racional del ganado en sus diferentes fases fisiológicas, se reflejará necesariamente en el progreso del hato lechero.

El Instituto Colombiano Agropecuario, citado por Rivera (1993, 8) afirma que el efecto de la estacionalidad invierno - verano, origina descensos hasta de un 30% en la producción; también afirma que la entrada de pastos mejorados a la región ha incrementado la disponibilidad de forraje, pero el manejo inadecuado le ha causado trastornos fisiológicos a los animales.

Por lo tanto, la compra de un animal lechero representa una inversión, pero su sostenimiento significa un gasto en términos contables (García, 1984, 12).

#### **4.2 ASPECTOS NUTRICIONALES DE LOS RUMIANTES**

En la alimentación de rumiantes, deben tenerse presentes diversos parámetros para establecer una dieta adecuada, sin embargo, Orskov (1988, 125) menciona que existen dificultades al no conocerse con exactitud las necesidades nutritivas de los animales, ya que varían de acuerdo con el genotipo, fase de desarrollo, nivel previo de nutrición, por mencionar solamente algunos de los múltiples factores. Por otra parte, las estimaciones realizadas sobre la producción de flora microbiana por unidad de energía varía considerablemente, y además se dispone de escasa información sobre la utilización de la proteína microbiana.

El mismo autor menciona que hasta que se disponga de más información que permita una mayor exactitud, pueden aplicarse los principios establecidos y, a

partir de la información disponible, predecir al menos una serie de necesidades en la ración de los animales.

De esta manera se puede balancear una dieta considerando las necesidades nutricionales de los animales y la composición de los alimentos, que ya se han establecido; el NRC (1989) señala los contenidos de nutrientes de los principales alimentos utilizados en la alimentación de los animales domésticos. Al respecto, Urbina (1994, 68) menciona que el balance nutricional debe hacerse con base en los requerimientos y el consumo, según el prototipo del animal. Estos requerimientos en las vacas lecheras varían con la edad, el peso, el estado reproductivo, la producción de leche y los estados anormales de estrés y enfermedad, entre otras consideraciones. Los nutrientes más importantes a tener en cuenta son:

a. **Energía:** el aporte energético de una ración es fundamental para establecer una mejor utilización de la proteína a nivel ruminal. De acuerdo con Sutton, citado por Carulla (1999, 70), el aumento de la energía de la ración, a través de la suplementación, aumenta el uso de la proteína por la flora microbiana y por lo tanto aumenta el flujo de aminoácidos al intestino, y evita la formación excesiva de amoníaco en el rumen. El mejor aprovechamiento de los nutrientes conduce a que el animal optimice sus rendimientos. Los principales nutrientes aportantes de energía para vacas de leche son los carbohidratos, azúcares y almidones que suministran energía rápida, la fibra digestible proporciona energía lenta y las grasas solo son aprovechadas parcialmente en

los rumiantes. La principal fuente de energía para los rumiantes son los pastos, los forrajes, cereales, residuos de cosecha, etc.

b. Proteína: la cantidad de proteína que pueda utilizar el animal esta determinado por la calidad de la misma; la proteína aprovechada por la vaca puede tener varios orígenes, pero, es degradada hasta amoniaco para sintetizar proteína microbiana; si los aminoácidos pasan directamente al intestino se llama proteína sobrepasante (Rivera, 54). Según Carulla (68) se considera que la proteína microbial podría aportar cerca del 70% de los requerimientos de proteína de una vaca lechera; este valor varia dependiendo del nivel de producción láctea y de la proteína de la dieta. Las principales fuentes de proteína son los pastos y forrajes, especialmente las leguminosas (forrajeras o arbóreas), las tortas de oleaginosas, los gérmenes de cereales y las cubiertas de granos, entre otras.

No es posible incrementar irrestrictamente el nivel de proteína en la dieta sin que rápidamente se manifiesta el desbalance en relación con la energía, por lo que debe existir una estrecha relación entre proteína y energía para que se produzca en el rumiante la adecuada multiplicación bacterial (Urbina, 68).

Bondi (1989, 166), declara que existe gran variabilidad en la degradabilidad de las distintas proteínas por los microorganismos del rumen. La velocidad y

magnitud a que se degradan las proteínas dependen de muchos factores, como la solubilidad en el líquido ruminal, estructura de la proteína, cantidad y origen de los carbohidratos de la ración, nivel de ingestión y paso por el rumen.

El mismo autor afirma que es importante conocer el tipo de proteína que se le suministra al animal; a pesar de los valores relativamente altos para la digestibilidad y el valor biológico de la proteína microbiana, no es conveniente proporcionar proteínas fácilmente degradables a los rumiantes. Por el contrario es preferible administrar proteínas relativamente resistentes a la degradación microbiana en el rumen, para que sean digeridas principalmente en el intestino como en los animales monogástricos.

Entre los indicadores del valor nutricional de un alimento, su digestibilidad, es uno de los más importantes. Los nuevos sistemas de valoración de la proteína subrayan la importancia de conocer la degradabilidad de la proteína, ya que este factor determina dos parámetros del sistema, es decir, la proteína degradable disponible para los microorganismos ruminales y la proteína no degradable disponible para la digestión en el intestino delgado o grueso. Dicho parámetro puede estimarse experimentalmente como digestibilidad *in situ*, utilizando la técnica de bolsa de nylon en rumen, como método rutinario para determinar la velocidad de degradación de las proteínas de los forrajes y los suplementos proteicos. En este método, un número variable de bolsas se incuban en el rumen durante diferentes periodos de tiempo, de tal forma que puede conocerse el ritmo de degradación (Orskov, 53).

El mismo autor indica que si el flujo queda bien definido la determinación de la degradabilidad obtenida por medio del empleo de bolsas de nylon, proporciona una estimación que, a pesar de todas las deficiencias de la técnica, especialmente la gran variabilidad que se presenta entre animales, es lo suficientemente exacta.

Otro método importante para determinar la degradación de un alimento es mediante la digestibilidad aparente, que puede ser considerada como el balance del alimento menos las heces y por lo tanto es la fracción que aparentemente es absorbida o digerida por que no aparece en las heces (Van Soest, 1982, 39). Por otro lado, Orskov (54) asegura que el hecho de que no se presente la respuesta esperada a la suplementación proteica, puede ser el resultado de que la proteína no degradada en el rumen, en lugar de ser digerida en el intestino delgado, fue degradada por la acción microbiana del intestino grueso. Dando por supuesto que las limitaciones sobre el concepto de digestibilidad aparente sean debidamente aclaradas, parece que las investigaciones dirigidas a estudiar los procesos digestivos en el intestino grueso de los rumiantes son de poca utilidad. La excreción fecal de nitrógeno debe determinarse, en primer lugar como parte de los estudios del balance de nitrógeno. La división del nitrógeno fecal en las fracciones de origen endógeno y de la ración, suministra poca información a la vista de las pruebas encontradas, es decir que la vía de excreción de nitrógeno endógeno puede ser manipulada por medio de la ración.

c. **Vitaminas y Minerales**: estos elementos son básicos en la dieta de los animales. Urbina (69) asegura que por lo general están contenidos en los pastos, forrajes o suplementos que el animal consume. Pero dependiendo del suelo, del agua y de la clase de pastos, puede existir déficit de algunos de estos nutrientes. La calidad del pasto varía con la especie vegetal y el periodo vegetativo.

#### **4.3 VARIABLES QUE DETERMINAN EL CONSUMO DE ALIMENTO**

La productividad de los rumiantes esta determinada por diversos factores, pero dos de los más importantes son determinar qué consumen y en qué cantidad (Preston y Leng, 1989, 121).

Apraéz (1995, 93) afirma que el consumo voluntario es un factor decisivo por que varios parámetros productivos dependen en forma directa de este aspecto. En general existen dos factores que afectan el consumo: el potencial animal y el medio ambiente.

Además el consumo tiene una estrecha relación con el tamaño del animal y este con su edad y raza, pero se ha determinado que en términos generales, se puede estimar el consumo de un bovino de leche como el equivalente al 2,5% de su peso corporal; cuando la vaca esta muy próxima al parto, por efecto fisiológico y mecánico, deprime su consumo y puede disminuirse hasta 2,0% del peso corporal (Urbina, 72).

El consumo voluntario de materia seca en rumiantes se incrementa cuando se suplementa con follaje de arboles y arbustos debido a la alta tasa y extensión de la digestión ruminal del follaje y no a una mejora en la digestión ruminal de la ración basal (forraje). Debido al incremento en el consumo voluntario de materia seca, la tasa de pasaje del rumen se incrementa, induciendo una salida mayor de digesta y dando lugar a un mayor espacio físico en el rumen, lo que provoca el estímulo para el consumo de alimento (Camero, 1995, 34).

#### **4.4 IMPORTANCIA DE LA ALIMENTACION EN LA PRODUCTIVIDAD DE LOS ANIMALES.**

**4.4.1 Importancia de la alimentación en la lactancia.** LLOYD, Mc Donald y Crampton (1982, 394) manifiestan que la lactación supone un mayor desgaste para la hembra que la gestación, no tanto debido al aumento del metabolismo como a la pérdida directa de nutrientes por el organismo, que deben ser repuestos por un aumento de la ingestión en la dieta. La eficiencia de utilización de energía para producción de leche es de 61% comparada con una eficiencia de 50% para ganancia de peso. La cantidad de alimento extra que se necesita cada día esta en relación directa con la cantidad de leche producida. Para que la lactación se mantenga hay que proporcionar las cantidades necesarias con regularidad.

Respecto a los factores que influyen en la lactancia y calidad de la leche, Rivera (97) sostiene que se pueden clasificar en genéticos y ambientales. Asi

mismo, Campabadall (1999, 93) anota que cada raza de ganado lechero tiene un valor promedio general para el porcentaje de los componentes de la leche (Tabla 1), sin embargo estos pueden ser cambiados por dos sistemas generales:

- a. Mejoramiento genético.
- b. Factor ambiental.

De estos dos sistemas, el mejoramiento genético es el responsable de un 20 al 30% de los cambios, mientras que el factor ambiental representa del 55 al 60%. El mismo autor afirma, que el mejoramiento genético es una forma permanente pero lenta de producir un cambio en los constituyentes de la leche. Sin embargo, con el desarrollo de nuevas técnicas de manipulación genética, puede obtener un progreso más rápido. El factor ambiental lo determina : la edad y la salud de la vaca, la temperatura ambiental, el manejo del ordeño y el manejo alimenticio. De estos factores el único que en forma practica puede cambiar la cantidad de componentes de la leche, es el manejo alimenticio, los otros son factores que pueden influir cuando no están en forma adecuada.

Los factores nutricionales son los principales responsables de los cambios en el contenido de los componentes de la leche. La concentración de grasa puede variar en un rango hasta de tres unidades por medio de la manipulación de la dieta. En contraste, el contenido de lactosa no se cambia y el de proteína puede variar hasta en 0,6 unidades (Bachman, citado por Campabadall, 97).

**Tabla 1. Composición promedio de la leche para las diferentes razas.**

Raza	Componente (%)				
	Grasa	Proteína	Lactosa	SNG*	ST*
<b>Ayrshire</b>	3,9	3,3	4,6	8,6	12,5
<b>Pardo Suizo</b>	4,0	3,5	4,8	9,0	13,0
<b>Guernsey</b>	4,6	3,6	4,8	9,2	13,8
<b>Holstein</b>	3,6	3,1	4,6	8,5	12,0
<b>Jersey</b>	4,8	3,8	4,8	9,4	14,2

\* SNG= Sólidos no grasos, ST= Sólidos totales

Chase y Ling (1986, 93).

De acuerdo con el autor antes citado (103), entre los factores nutricionales que intervienen en el contenido de grasa en la leche están: a) la relación forraje : concentrado, que afecta directamente el pH del rumen. El rango óptimo para una máxima digestión de la celulosa es entre 6,2 y 7,0; correspondientes a dietas que contienen desde un 60 hasta un 100% de material fibroso en relación con la cantidad de alimento balanceado.

b) El porcentaje de componentes fibrosos de la ración también tiene un efecto sobre la producción de saliva, pH del rumen, tiempo de rumia y producción de ácidos grasos volátiles, afectando el porcentaje de grasa de la leche. El NRC, (1989), sugiere para una máxima producción de leche y porcentaje de grasa en esa leche, que las vacas deben recibir como mínimo, una dieta que contenga un 28% de FDN a base de la materia seca o 18% de FDA.

c) La manipulación de la proteína en rangos normales no afecta el porcentaje de grasa en la leche, pero al disminuir la cantidad de proteína degradable puede reducir la producción de grasa.

d) El tamaño de la partícula muy fino y el tipo, y procesamiento del alimento balanceado pueden afectar la producción de propionato y como consecuencia reduce el porcentaje de grasa en leche. El modo de acción del propionato, es que sirve como precursor para la producción de ácido láctico y glucosa, esto estimula la producción de insulina, la cual reduce la liberación de ácidos grasos

del tejido adiposo y evita que estos sean usados para la síntesis de grasa en las células de la glándula mamaria.

e) El uso de grasas insaturadas, como aditivos, aumenta marginalmente el contenido de grasa en la leche y cantidades grandes de grasas causan disminución hasta de un 1,0% en este contenido. El efecto de las grasas en la reducción del porcentaje de grasa en la leche, es por un resultado negativo en la fermentación ruminal.

Aproximadamente un 50% de la grasa de la leche es sintetizada en la glándula mamaria, a partir de ácido acético y butírico, que provienen de la fermentación ruminal de los alimentos; los otros componentes de la grasa se originan de lípidos de origen dietético o de depósitos grasos de la vaca (Campabadall (98). Existen casos de alimentos que se sabe aumentan el porcentaje de grasa. Se ha demostrado que la desnutrición, que produce baja del rendimiento lechero y de la condición corporal, también puede ocasionar disminución en el porcentaje de sólidos no grasos, principalmente en la fracción proteica. La naturaleza del alimento tiene una notable influencia en la concentración de ciertas vitaminas en la leche. En contraste, los porcentajes de los principales elementos minerales no son afectados por las dietas (Maynard, et al., 1992, 541).

En cuanto a la producción de proteína, Campabadall (106) menciona que la proteína verdadera de la leche, es sintetizada en la glándula mamaria a partir

de aminoácidos esenciales y no esenciales, glucosa y ácido propiónico, absorbido de la sangre. Bachman, citado por este autor (96) afirma que en la producción de proteína, existe una limitancia en la cantidad de aminoácidos usados, si un aminoácido no esta presente en el sitio y momento oportuno, este limita la síntesis de la molécula entera de la proteína. A su vez, proveer un exceso de aminoácido, limita a otro aminoácido en termino de producción de proteína.

Así mismo, Torrent (1999, 142) manifiesta que la subalimentación energética puede disminuir la proteína de la leche en 0.3 puntos porcentuales. Sin embargo, suplementar energía por encima de las necesidades tiene poco efecto, los excesos de carbohidratos rápidamente fermentables en rumen podrían disminuir el pH del rumen y disminuir la proteína microbiana que llega al duodeno, resultando un efecto negativo sobre el contenido proteico en la leche. Igualmente aumentar la proteína de la dieta, no produce ningún efecto positivo en la proteína de la leche. Sin embargo una subalimentación en proteína disminuye el contenido proteico de la leche.

Por otro lado, Rivera (97) declara que la alimentación con gramíneas disminuye el consumo de materia seca ; el contenido de grasa y proteína en la leche ; y la producción de leche, factores que se vuelven positivos al ofrecer leguminosas, tal vez por su mayor contenido de nitrógeno proteico en relación con el amoniacal, que no es disponible en el intestino. Además la relación

entre los forrajes y los concentrados en la ración tienen un efecto significativo sobre la cantidad y calidad de leche producida. Las raciones que permiten obtener la máxima cantidad de grasa no permiten hacer máxima la proteína y viceversa.

Al respecto, Maynard, et al. (547) certifica que hay ciertos alimentos ó combinaciones de ellos que tienen efectos prácticos para reducir el contenido graso de la leche. La ingesta limitada de forraje y la excesiva ingesta de concentrados puede dar como resultado porcentajes anormales bajos de grasa es decir entre 1 y 2.

**4.4.2 Importancia de la alimentación en la salud y la fertilidad.** Según Moncada y Taborda (1999, 85), los desbalances en la relación energía/proteína provocan serios efectos en la salud y fertilidad de las vacas; entre los efectos sobre la salud debe destacarse la degradación del epitelio ruminal, intoxicación hepática, cetosis, neumonía intestinal crónica, mastitis y laminitis. Las consecuencias en la reproducción manifiestan cambios profundos en las características bioquímicas del ambiente uterino, mortalidad embrionaria, repetición de servicios y aborto, entre otros.

Church (1988,484) manifiesta que el consumo insuficiente de energía es probablemente el principal factor nutritivo que influye sobre la fertilidad. El consumo inadecuado de energía origina un retraso en la maduración sexual y

menores tasas de concepción seguida por el nacimiento de animales menores y más débiles. La deficiencia de proteína produce también graves daños como retraso en el inicio de la pubertad, mayor número de días abiertos y descenso del apetito.

La cantidad de proteína utilizada por los microorganismos del rumen no es constante y depende de la energía de la ración y de la eficiencia microbial. A juzgar por, Moncada y Taborda (81), cuando las condiciones de equilibrio dietético se alteran, el amoníaco procedente de la degradación puede alcanzar en el rumen concentraciones superiores a aquellas que las bacterias están en capacidad de incorporar en la proteína bacterial. Por lo que este amoníaco en exceso debe ser llevado hasta el hígado, en donde es convertido rápidamente en urea, la cual es excretada por distintas vías entre ellas la orina, las heces y la leche. La acumulación de urea en la leche guarda una estrecha relación con su concentración en la sangre ; los niveles de urea en la sangre expresan el comportamiento del metabolismo proteico en el animal.

Se ha encontrado que la urea es tóxica para el espermatozoide, óvulo, cigoto, embrión y feto y se asocia a quistes ováricos, retención de placenta y metritis. Además la alta concentración de amoníaco produce deficiente limpieza del útero por depresión inmunológica de macrofagos (Schoeder, 1993, 230). De otro lado, Butler et al, citado por Moncada y Taborda (85) habían demostrado la asociación entre el nitrógeno ureico en la leche (MUN), y la tasa de

gestación en bovinos de leche. Cuando las concentraciones de nitrógeno ureico en la leche eran inferiores a 16 mg/100 ml, la gestación lo era en un 75%. Pero cuando el nitrógeno ureico en la leche estuvo por encima de 19 mg/100ml la tasa de gestación fue significativamente menor (48%).

De acuerdo con Moore y Varga, citados por Moncada y Taborda (83) el valor normal de nitrógeno ureico en la leche deber ser de 10 mg/100 ml. Un nivel inferior sugiere que los niveles de proteína degradable ingerida son inadecuados, en tanto un nivel de nitrógeno ureico de 14 mg/100 ml es alto y sugiere un exceso de ingestión de proteína degradable o restricción de energía.

#### **4.5 NUEVAS Y DIFERENTES FUENTES PROTEINICAS**

En los últimos años el interés por la proteína de origen arbóreo en dietas tropicales se ha venido multiplicando e ilustrando su impacto en términos del mejoramiento de los parámetros productivos esenciales como son la disminución de la mortalidad en los animales jóvenes, la tasa de incremento de peso, fertilidad, producción y composición de leche (Murgueitio, 1991, 42).

Respecto a esto, Lascano (1998, 2) declara que la introducción de leguminosas arbustivas con tolerancia a la sequía, podría ser una alternativa para aliviar las

deficiencias nutricionales que se presentan en animales en producción, durante periodos de escasez de forrajes; también afirma que estas leguminosas son una fuente económica de proteína que puede ser producida en la finca.

Las leguminosas tienen un contenido proteico mucho más elevado que los pastos, particularmente en las plantas más maduras, además contienen elevadas concentraciones de calcio, magnesio y azufre. En líneas generales las leguminosas tienen buen sabor y aceptabilidad, aunque algunas tienen sabor amargo debido a los taninos y pueden necesitar cierta adaptación antes de que el ganado lo acepte (Church y Pond, 1990, 338).

Las plantas que contienen taninos, suelen ser resistentes a su degradación en el rumen, estos taninos tienen algún efecto sobre la digestibilidad de las proteínas a nivel del intestino delgado. La necesidad de incluir proteína sobrepasante en la ración es un aspecto muy importante para el productor ya que los suplementos proteicos suelen ser el ingrediente más caro de la ración (Orskov, 142).

Es conocido que la proteína presente en los árboles no siempre es totalmente aprovechada por los microorganismos ruminales, por estar asociada con determinados compuestos que impiden el empleo del nitrógeno. No obstante está demostrado que la parte que es asimilada se utiliza con alta eficiencia, ya que dentro de estos compuestos antinutricionales existen algunos que son

benéficos para la nutrición, como es el caso de los taninos, los cuales escapan en buena medida de la fermentación ruminal, para luego ser liberados en las condiciones de alta acidez del abomaso. Incluso, con su presencia, contribuyen a evitar pérdidas de nitrógeno por degradación en el rumen, al formar complejos con las proteínas provenientes de otros alimentos presentes en la dieta, permitiendo su paso directo a las partes más bajas del tracto digestivo, donde son mejor aprovechadas (Simon, 1987, 39).

El valor nutritivo de los árboles varia en los diferentes componentes de la biomasa arbórea : las hojas presentan mayores concentraciones de nutrientes que las ramas y los tallos. La variación también se ha relacionado con la edad y con la posición en el árbol : las hojas jóvenes son más ricas en proteína que la viejas, y estas presentan, además, porcentajes de digestibilidad bajos, debido posiblemente a las concentraciones mayores de Lignina y de taninos (Benavides 1995, 2).

Según el Centro de Transferencia de Tecnología en Pastos y Forrajes (1998, 4), las leguminosas arbóreas son una alternativa ecológica para la ganadería bovina. Aquellos escépticos que consideran que el desarrollo económico de un país solo procede a expensas de la degradación del medio ambiente se equivocan notablemente, ya que ha sido demostrado científica y experimentalmente que si es posible aumentar la producción y preservar los recursos naturales.

La importancia de interés mundial de que se tome en consideración la variable ecológica, radica en que actualmente el 70% de la deforestación que se practica en los países en desarrollo es resultante de la expansión agrícola, con la lamentable circunstancia de que los países Latinoamericanos son los abanderados en tales practicas (Lascano, 3).

#### **4.6 IMPORTANCIA DE LOS ARBOLES FORRAJEROS**

La conservación y mejoramiento de los recursos naturales redundará en la posibilidad de que todos puedan disfrutar una vida más saludable (Plata y Correa, 1989, 289).

Parte del problema de degradación del ecosistema surge debido a la pobreza e ignorancia de los campesinos en cuanto a la mejor forma de utilizar el bosque, tienen por costumbre talar y quemar pequeñas parcelas para utilizar estos sitios en cultivos, con el tiempo los suelos generalmente no son de vocación agrícola y cambian de cultivo, generalmente pastos, para dedicar el área a la ganadería de tipo extensivo. Así en corto tiempo se han ido destruyendo grandes extensiones de bosques (Rodríguez, 1987, 264).

Si bien es cierto que en muchos casos el avance de la ganadería es el resultado indirecto de las políticas estatales de titulación y del mercado de

tierras, en otros casos la colonización ha sido impulsada por el estado en forma directa, con apoyo internacional. La transformación del pie de monte Amazónico en Caqueta (seis millones de hectáreas), fue cofinanciada por el banco mundial entre 1966 y 1982 con un aporte de 44 millones de dólares (Jarvis, citado por Murgueitio y Calle, 1998, 3).

Por otro lado y gran parte del daño ecológico producido en América Latina lo están causando las sociedades multinacionales (Volkswagen, Mitsubishi, Unilever, Jari SA, etc.), que adquieren a muy bajo precio campos de 200.000, 300.000, 500.000 y hasta 1'500.000 hectáreas, los cuales son desmontados para la formación de pastoreos artificiales y dedicarlos a la cría extensiva de bovinos ; todo el movimiento de ocupación de la amazonía que se desarrolla actualmente se efectúa sobre esta base. Dentro de 35 años la selva amazónica habrá desaparecido completamente según lo predicen científicos como el profesor Warnic kerr. Es el precio que debe pagar el país para convertirse en un gran productor y exportador de carne bovina (Garreau, 1980, 24).

Montagnini (1992, 20), anota que es difícil estimar la velocidad con que se efectúa la tala de bosques en las regiones tropicales, ya que los datos sobre extensión y condiciones de los bosques tropicales se hallan bastante dispersos y a menudo son imprecisos. Más de la mitad (aproximadamente 57%) de los bosques tropicales del mundo se encuentran en América Latina; pero la tasa de deforestación en la región es muy alta: cada año se pierde

aproximadamente un 1,3% de los bosques, en comparación con un 0,9% en Asia y un 0,6% en Africa. En Colombia se talan 890.000 has por año.

La multiplicación de sistemas intensivos y especializados de alta productividad, agota los recursos naturales, contamina el medio ambiente y hace mal uso de los subproductos y hasta desperdicia completamente muchos subproductos y residuos de origen agrícola y animal. La búsqueda de madera y pulpa para hacer papel es una de las causas de la desaparición de los bosques. La ganadería especialmente la producción de carne de res es la otra (Preston, 1991, 2).

Por otro lado, la contaminación causada por la alta producción de gases se extiende rápidamente, ocasionando desastres en el medio ambiente. Según la Red de Tecnología Internacional de Arboles Forrajeros, "TIAF" (1998, 4), el segundo gas más importante involucrado en el proceso es el metano el cual tiene un efecto altamente nocivo sobre la capa de ozono y otros procesos atmosféricos. Las emisiones de metano se han incrementado a una velocidad alarmante y su origen tiene que ver en procesos naturales de pantanos, formas de cultivo (especialmente de arroz por inundación), y la emisiones que hacen los rumiantes, en especial, los alimentados con dietas de alta fermentación como los pastos mejorados y alimentos concentrados, que ofrecen cantidades elevadas de proteína y bajos niveles de energía, ocasionando un desequilibrio a nivel ruminal, con la consecuente formación de gases como el metano.

Así mismo, Alarcon (1995, 19) manifiesta que el deterioro de la capacidad productiva de la tierra se debe en gran parte a la deforestación y al manejo inapropiado de los recursos; estos problemas surgen, del aumento de la demanda por el uso de la tierra. Los sistemas agroforestales pueden brindar una alternativa para el uso de los recursos naturales, que aumente o al menos mantenga la productividad de la tierra sin causar degradación.

La deforestación causa también pérdida de la capacidad de retención de agua, disminución de la calidad del agua de las cuencas hidrográficas y la degradación de cuencas, reservorios, ríos y estuarios. Además de la erosión y la compactación la utilización inadecuada de la tierra puede llevar a la disminución de la fertilidad, por la reducción del contenido de materia orgánica y de los nutrimentos (Montagnini, 21).

De acuerdo con Benavides y Rivera (1993, 6), el 60% del área de la región andina tiene pendiente superior al 60% y el 86% tiene problemas de erosión.

Montagnini (23) sostiene que los árboles protegen al suelo de los efectos del sol, del viento y las fuertes lluvias que caracterizan a las zonas tropicales húmedas. También favorece el mantenimiento del ciclaje de nutrimentos y el aumento en la diversidad de especies que exploran diferentes estratos del suelo. Los efectos de los árboles sobre la fertilidad varía según las especies y las condiciones ambientales.

Los árboles forrajeros son muy apropiados para el trópico. Son capaces de capturar grandes cantidades de energía solar y, en áreas con humedades adecuadas crecen rápidamente con altas producciones de biomasa continuas. Reducen la erosión, mejoran la estructura y fertilidad del suelo y permiten que se cultiven por debajo de su follaje otras plantas de raíces superficiales (Preston y Leng, 24).

Davila (1998, 3), en estudios realizados con *Leucaena* y *Matarratón*, dos leguminosas arbóreas del trópico bajo, certifica que se adaptan bien, además de que aumentan la producción de leche y carne al ser suministradas a los animales. El empleo de leguminosas aumenta la producción y calidad del forraje, debido a que tales arbustos tienen una mayor distribución espacial, tanto en la parte aérea como en las raíces y fijan nitrógeno atmosférico incorporándolo directamente al ecosistema pastizal.

Según el Centro Internacional de Agricultura Tropical "CIAT" (1998, 2), las raíces de las plantas forrajeras penetraban dos metros bajo tierra sin perjudicar las de las gramíneas, las cuales alcanzan una profundidad que oscila entre 30 y 40 cm ; por lo que ambos tipos de raíces son complementarios en la búsqueda de sus nutrientes y por otra parte tampoco compiten en la superficie ya que las leguminosas forrajeras arbóreas tienen un tamaño de 3,0 – 5,0 m de altura con lo que ofrece protección a las gramíneas tanto del viento

como de la erosión al tiempo que contribuyen a aumentar la fertilidad y favorecer la acumulación de materia orgánica del suelo.

Pero lo más sobresaliente de estos estudios, denominados agricultura ecológica, dice el CIAT (3), es el impacto económico que tienen para la región, el país y los países de clima tropical, debido a que permiten un sustancial ahorro de divisas para el agricultor y la nación. Al respecto es importante señalar que los productores pueden ahorrar hasta un 70% cuando utilizan la alternativa de suplementación con árboles forrajeros, con relación al uso de concentrado comercial con iguales resultados en la producción animal.

**4.6.1 Usos de las plantas forrajeras.** De acuerdo con la Federación Nacional de Cafeteros (1994, 6), las plantas forrajeras presentan diversos usos, como son:

- Favorecen el equilibrio suelo-planta, al proteger la estructura del suelo.
- Mejoran el suelo al aumentar la cantidad de nitrógeno.
- Controlan la erosión debido a la acción penetrante de sus raíces.
- Producen sombra en los potreros, en barreras o cercas vivas.
- Las ramas secas se utilizan como combustible.
- Son forrajes con altos contenidos de proteína. A los rumiantes además de las hojas, también se les puede ofrecer el tallo blando picado.

- En las aves sirve para pigmentar la yema de los huevos y la piel de los pollitos, (especialmente Matarratón y Leucaena).
- Las flores son un excelente néctar para las abejas.
- Puede ser materia prima para pulpa de papel.
- En algunas partes se utiliza la semilla de varios forrajes como alimento humano.

**4.6.2 Manejo de los árboles forrajeros.** Los árboles se encuentran en cualquier parte de la finca, a la orilla de los caminos y quebradas y como barreras vivas. Las plantas forrajeras son ideales para reforestar, por ser conservacionistas y por tener la capacidad de fijar nitrógeno, mejorando la fertilidad del suelo. Tanto el follaje como los frutos de los árboles forrajeros poseen nutrientes iguales o superiores a los que tienen los pastos utilizados tradicionalmente. Las hojas son las partes del árbol que poseen más proteína (entre un 18 y un 25%), los peciolos, tallos y corteza, también tienen proteína, (Centro Nacional de Investigación del Café, 1995, 239).

La Federación Nacional de Cafeteros (9), señala que las forrajeras arbustivas pueden manejarse como cualquier cultivo, como se describe a continuación:

Debe prepararse el terreno antes de sembrarlas; aplicarles fertilizantes como la cal y la roca fosfórica; así como controlar malezas durante sus primeros

meses de desarrollo. La siembra de estas especies forrajeras se puede hacer por medio de semillas y por propagación vegetativa como estacas y acodos.

Para obtener semilla es mejor escoger de antemano los árboles "padres", para asegurar un buen crecimiento y producción de sus generaciones. Los criterios básicos para escoger los árboles padres son:

- Plantas sanas
- Que sean resistentes al ataque de plagas y enfermedades.
- Que den material que se reproduzca fácilmente en el campo.
- Que sean árboles con alta producción de follaje.

Varios de estos árboles producen semillas abundantes con alto porcentaje de germinación. Las semillas se pueden sembrar en bolsas de polietileno negro similar a las que usan para el café, que tengan una capacidad mayor a 5,0 kg. de tierra, con el fin de permitir un buen desarrollo de la planta durante la fase de vivero. La etapa de vivero debe durar preferiblemente seis meses, para que cuando se transplante el árbol al campo, éste sea capaz de competir con las malezas. El trabajo en el vivero requiere más mano de obra, pero a cambio se puede aprovechar mejor la semilla. Si la semilla es abundante y no es costosa, se puede sembrar directamente en el campo.

En caso de que las semillas permanezcan guardadas por más de seis meses, se deben tratar con agua caliente para estimular su germinación. Si se las va a almacenar por más de un año, se deben conservar en refrigeración con baja humedad y protegidos de insectos y hongos dañinos.

La preparación por estaca es el método más utilizado en Colombia, debido a su facilidad en la siembra. Al hacer la siembra por estaca se corre el riesgo de que algunas de ellas no "prendan". Las estacas de algunas especies responden muy bien al enraizador.

En general para todas las especies forrajeras, se deben escoger estacas maduras con un largo mínimo de 40 -50 cm. el diámetro varía de acuerdo a la especie y a la época de madurez. Lo más conveniente es plantar las estacas lo más rápido posible después del corte.

La estaca que se saca de la parte inferior de la rama es mejor que la que se saca de la punta, pues la punta siempre es más tierna y se deshidrata fácilmente. La estaca enraíza mejor con un corte oblicuo que con un corte recto, se la debe sembrar a unos 15 cm de profundidad, para asegurar su prendimiento y desarrollo. Se recomienda desinfectar las estacas, herramientas y el suelo; la punta de la estaca expuesta al sol se debe cubrir con parafina o con otro material que evite su deshidratación.

La cosecha de estas plantas forrajeras puede hacerse tanto por corte como por ramoneo. Al hacerse bancos de proteína se pretende hacer cortes periódicos para alimentar al ganado; el forraje cosechado puede ser utilizado fresco o conservarse henificado o ensilado.

No se debe defoliar completamente el árbol por que al conservar parte del follaje puede continuar la fotosíntesis, favoreciendo un rebrote más rápido y vigoroso. El corte de las hojas debe hacerse preferiblemente a una altura superior a un metro, donde los árboles han logrado un mejor desarrollo y es mejor la competencia de las malezas. Es conveniente picar las hojas y los tallos tiernos para que el ganado acepte el material y lo consuma más fácilmente.

También se puede permitir que los animales consuman directamente el material de las ramas (ramoneo), se pueden hacer podas escalonadas durante la época seca, dejando sobre el suelo los residuos de hojas y tallos para permitir el aprovechamiento de nutrientes, que serán complementados con el estiércol y la orina de los animales.

Si se van a utilizar las plantas forrajeras como árboles para sombrío o cerca viva, se debe realizar la primera cosecha o corte entre el primero y el tercer año de sembrado, dependiendo de la especie, clima, suelo y manejo.

#### **4.7 IMPORTANCIA DE LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES**

Los sistemas silvopastoriles son la combinación de árboles forrajeros o frutales y animales. Hay situaciones donde la ganadería constituye un uso ineficiente de la tierra, sin embargo, cuando se agregan productos arbóreos (leña, madera, frutas, forraje), el sistema se puede volver ecológica y económicamente más viable. En las asociaciones de árboles con pastos el objeto principal es la ganadería; en forma secundaria se puede lograr la producción de madera, leña o frutas. Los animales se alimentan con hojas, frutos, cortezas y otras partes de los árboles y con pastos que crecen debajo de ellos ya sea en forma natural o si se siembran (Montagnini, 34).

Escobar (1993, 36) reafirma que los sistemas silvopastoriles ofrecen diversos beneficios dentro de la ganadería, tales como:

a. silvopastoreo mezclado en el espacio: los árboles y los potreros se asocian simultáneamente en el tiempo en una misma área de terreno. Los árboles se pueden establecer en los potreros siguiendo una distribución al azar o sistemática.

b. Árboles en potreros: este sistema puede resultar de la plantación de árboles ya establecidos o del aclareo de bosques. Los árboles en potreros son ampliamente utilizados en diversas regiones de Colombia.

- c. Como fuente de ramoneo: estas leguminosas arbóreas a través de sus raíces profundas, pueden permanecer verdes y palatables después de que las plantas herbáceas se secan.
- d. Como provisión de sombra y refugio para el ganado: los árboles contribuyen a regular la temperatura del ambiente y protegen de los vientos fuertes.
- e. Mejoramiento de potreros debajo de los árboles: Según estudios realizados, la intersección de árboles con pasturas, aumentan la producción de materia seca.
- f. Bancos de proteína : consiste en el establecimiento de especies forrajeras en forma densa , en sitios localizados en los alrededores de las fincas ganaderas o a distancias cortas. Tienen el objetivo de mejorar la dieta de los animales y suministrar forrajes en épocas de escasez.
- g. Arboles en linderos: también se pueden presentar en silvopastoreo cuando los árboles rodean potreros, esta es una practica simple pero efectiva que consiste en la plantación de árboles a lo largo de linderos, entre cultivos, potreros, caminos y canales. El objeto es buscar la producción de árboles evitando efectos adversos a los cultivos adyacentes y tener un efecto benéfico a través de la fertilización por medio de la hojarasca, protección del viento o conservación del suelo.

## 4.8 DESCRIPCION DE LAS ESPECIES ARBOREAS

4.8.1 Quillotocto. Plata (1992,140) describe al quillotocto de la siguiente manera:

a. **Especie.** *Tecoma stans* (Linnaeus), Humboldt, Bonpland y Kunth.

b. **Familia.** *Bignoniaceae*.

c. **Otros nombres.** Chirlobirlo, Chicalá , Floramarillo, Fresnillo.

d. **Distribución geográfica.** Esta especie es originaria del sur de los Estados Unidos; actualmente se encuentra en Centro y Sur América. En Colombia se ha observado desde los 1600 y 2740 msnm. Se destaca en parques, avenidas y antejardines, árboles que florecen profusamente de amarillo.

e. **Propagación y desarrollo.** La propagación se hace por semilla y estaca. Para obtener la semilla, se recolectan las cápsulas maduras (que equivalen a 800-900 por kg), se exponen al sol para acelerar el secado y cuando abren se toman las semillas. Las semillas son aladas y se hallan en número aproximado de 40 a 50 por fruto con pureza de 95%, en número de 200.000 a 250.000 por kg y con germinación del 70%. La germinación se inicia a los 30 días con un total máximo a los 40 días, para un periodo total de 50 días. A partir de este periodo el crecimiento de las plántulas es de 3,0 cm por mes. La siembra en el vivero se puede hacer por hileras, con 10 cm de separación y 0,5 cm de profundidad, en donde se colocan 60 semillas por surco. El

transplante en bolsa mediana o grande debe hacerse cuando las plantas alcancen entre 5,0 y 20 cm de altura. La mortalidad de las plántulas es mínima llegando hasta el 5,0%.

**f. Aspectos botánicos.** Este árbol tiene una altura de 10 m aproximadamente, su tronco es de corteza agrietada; copa amplia de forma aparasolada, con follaje denso, de color verde claro, hojas grandes y compuestas, imparipinnadas y opuestas que caen parcialmente en el periodo de maduración de las semillas, y a los dos meses se renueva el follaje. Ramificaciones empiezan hacia los 50 cm de altura. La floración se produce durante la época de lluvias, en racimos terminales densos, con vistosas corolas amarillas en forma de campanas, los frutos se hacen evidentes cuando aún persiste la floración, son angostos de color verde que pasa a castaño oscuro hacia la madurez, que es cuando se abren en dos valvas dejando expuestas sus semillas aladas. El árbol es sostenido por raíces poco profundas, en suelos con buena humedad pero bien drenados (Figura 1).

**g. Usos.** Ornamental, es una especie melífera de floración llamativa, que también se puede emplear como cerca viva. Las ramas jóvenes tienen gránulos en su superficie. La bebida del cocimiento de sus hojas y corteza se utilizan como diurético y depurativo de la sangre.



**Figura 1. Quillotoco (*Tecoma Stans*), árbol experimental de la dieta tres.**

**4.8.2 Sauco.** Plata (132) describe al Sauco de la siguiente manera:

**a. Especie.** *Sambucus peruviana* Humboldt, Bonpland y Kunth

**b. Familia.** *Caprifoliaceae*

**c. Otros nombres.** Sáuco, Tilo.

**d. Distribución geográfica.** Esta especie es originaria del norte de Sur América; actualmente se encuentra en Centro y Sur América. En Colombia se ha observado entre 1800 y 3000 msnm. Habita en ambientes húmedos y semihúmedos. No es resistente a las heladas y vientos fuertes. Prefiere suelos profundos, negros, aireados y ácidos. También requiere de buena exposición solar.

**e. Propagación y desarrollo.** Propagación por semillas y estaca. Las estacas se recolectan de 20 a 25 cm de longitud durante todo el año, luego se les aplica hormonas enraizadoras para llevarlas a bolsas con tierra negra, aserrín y abono orgánico. Los rebrotes o renuevos aparecen en un 80% a los 20 días con un punto máximo de renuevos a los 30 días para un total de 40 días. A partir de este periodo el incremento en altura es de 3,0 cm por mes. Se requiere como cuidado riego abundante. Esta especie es de rápido crecimiento soporta suelos arcillosos y drenaje deficiente.

**f. Aspectos botánicos.** Arbusto o arbolito perennifolio hasta de 5,0 m de altura; posee copa globosa, densa, con ramificación a menudo desde la base ; hojas inpiripinnadas, verdes - amarillas, foliolos con borde aserrado. Inflorescencia a manera de paraguas (pseudoumbelas) durante todo el año ; pétalos blancos. Tallos de color crema, de corteza granulosa; sistema radicular poco profundo (Figura 2).

**g. Usos.** Medicinal, para calmar dolores estomacales y la tos, también como desinflamante. También se emplea como cerca viva, para jardines, parques y avenidas.

**4.8.3 Acacia.** De la Rosa (1990,255) detalla a la Acacia de la siguiente manera:

**a. Especie.** *Acacia decurrens*

**b. Familia.** *Mimosaceae*.

**c. Otros nombres.** acacia negra, acacia gris.

**d. Distribución geográfica.** Esta especie es originaria de Australia, actualmente se encuentra en Centro y Sur América. En Colombia se ha observado entre los 2000 y 3000 msnm.

**e. Propagación y desarrollo.** Se propaga por semilla y por estaca, para obtener la semilla se toman los frutos y se secan al sol durante 12 horas y luego



**Figura 2. Sauco (*Sambucus Peruviana*), árbol experimental de la dieta dos.**

se las extrae, estas se dejan en agua durante 48 horas y posteriormente se siembran en el sitio definitivo o en semillero a 1,0 cm de profundidad, a 2,0 cm entre sí, en líneas separadas por 10 cm. El trasplante se efectúa cuando la plántula alcanza 20 cm Soporta suelos pobres y áridos.

**f. Aspectos botánicos.** Es un árbol de 10 m de altura aproximadamente, su tronco posee corteza lisa y oscura; la ramificación empieza a 1,0 m, su copa es de forma redondeada, el follaje color verde mate ; hojas recompuestas alternas. Sus flores son redondas de color amarillo agrupadas ; sus frutos son de color pardo rojizo con varias semillas (Figura 3).

**g. Usos.** Por ser una especie fijadora de nitrógeno es apta para la recuperación de suelos y control de erosión también se usa como forraje en tiempo de escasez, sus ramas jóvenes son angulosas y produce retoños de raíz.



**Figura 3. Acacia(*Acacia decurrens*), árbol experimental en la dieta cuatro.**

## **5. DISEÑO METODOLOGICO**

### **5.1 LOCALIZACION**

El trabajo de campo se desarrolló en la sección de ganadería del Centro de Investigación Obonuco, perteneciente a la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA), ubicada en el corregimiento de Obonuco, a 1° 13' latitud norte y 77° 16' longitud oeste, en el municipio de Pasto, departamento de Nariño, localizado en el extremo suroeste del país a 90 kilómetros de la frontera con la República del Ecuador. Obonuco se encuentra a una altura de 2720 msnm, presenta una precipitación promedio anual de 848 mm y una temperatura promedio de 13°C y se clasifica como zona de vida bosque seco montano bajo(\*).

### **5.2 ANIMALES**

Para el experimento, se utilizaron cuatro vacas de raza Holstein mestizo, de cuarta lactancia, de una edad promedio de siete años, producción promedio de 14 litros de leche/animal/día, encontrándose entre la sexta y séptima semana de producción; con promedio por lactancia de 3218 litros y peso promedio de 543 kg.

---

(\*) CORPOICA, Pasto, Colombia, 1998 (Comunicación personal).

Para el preensayo de aceptabilidad de follaje de los árboles forrajeros, se dispuso seis hembras de raza Holstein mestizo, seleccionadas al azar; tomando dos vacas por cada árbol.

En el estudio de degradabilidad ruminal *in situ*, se utilizaron dos vacas de raza Holstein mestizo, fistuladas en el rumen.

### **5.3 INSTALACIONES, EQUIPOS Y UTENCILIOS.**

Para llevar a cabo el experimento los animales permanecieron en estabulación permanente, en jaulas individuales, de 3,0 por 2,0 m cubierto por un techo de zinc, y con piso de concreto; cada corral provisto de comedero en concreto de 70 por 80 cm y con bebedero automático. Entre los equipos utilizados estan: una bascula pequeña con capacidad de 20 kg para el pesaje de los alimentos; una bascula con capacidad para una tonelada para el pesaje de los animales; en la molido del follaje de los árboles se utilizo un molino electrico con una criba de un milimetro. Los utensilios usados para suministro de alimentos, limpieza, recolección de estiércol, etc. fueron cepillos, manguera, carreta, palas y valdes.

### **5.4 ALIMENTO Y ALIMENTACION**

Los animales recibieron como alimento base ensilaje de avena, inicialmente se sometieron a una etapa de acostumbramiento al ensilaje, durante 15 días, en la

cual se suministro a voluntad en semiestabulación, estableciendo el consumo total de ensilaje/animal/día.

La evaluación de los árboles se hizo mediante la elaboración de una harina del follaje de cada uno de los árboles (sauco, quillotocto, acacia); la cual se uso como ingrediente de un suplemento elaborado con trigo molido, torta de soya y melaza (Tabla 4), con un contenido aproximado de proteína del 16%, del cual el 30% lo aporta el árbol y un aporte de energía bruta de 4,4 megacalorías, en promedio. Los animales recibieron sal mineral comercial, en cantidad aproximada de 100 g/animal/día.

## 5.5 TRATAMIENTOS

Se evaluaron cuatro tratamientos de acuerdo a la variedad de árbol forrajero; de la siguiente manera:

Tratamiento 1 (T1) = suplemento elaborado con ingredientes convencionales.

Tratamiento 2 (T2) = suplemento + harina de sauco (*Sambucus peruviana*).

Tratamiento 3 (T3) = suplemento + harina de quillotocto (*Tecoma stans*).

Tratamiento 4 (T4) = suplemento + harina de acacia (*Acacia decurrens*).

## 5.6 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANALISIS ESTADISTICO

Se utilizo el diseño cuadrado latino, que consta de cuatro vacas correspondientes a las columnas, cuatro periodos que equivalen a las filas, y cuatro dietas o tratamientos (Tabla 2).

El experimento tuvo una duración total de 84 días , divididos en cuatro periodos de 21 días cada uno, en cada periodo las vacas recibieron un tratamiento diferente, de manera que las cuatro vacas pasaran por los cuatro tratamientos.

Los primeros 14 días de cada periodo se consideraron de adaptación al suplemento y los siete siguientes para toma de datos de la producción de leche. En los últimos tres días se tomaron muestras tanto de leche, como de heces, para los análisis de laboratorio.

Se utilizo el siguiente modelo estadístico, recomendado por Martínez y Herrera(1991,1-22).

$Y_{ijkl} = U + C_i + V_{ij} + P_{ik} + T_l + E_{ijkl}$ ; donde :

$Y_{ijkl}$  = cualquier variable de respuesta.

$U$  = media general del experimento.

$C_i$  = efecto del  $i$ -ésimo cuadro ( $i= 1$ ).

$V_{ij}$  = efecto de la  $j$ -ésima vaca dentro del cuadro  $i$  ( $J= 1,2,3,4$ ).

$P_{ik}$  = efecto del  $k$ -ésimo periodo dentro del cuadro  $i$  ( $k= 1,2,3,4$ ).

$T_l$  = efecto del  $l$ -ésimo tratamiento ( $L= 1,2,3,4$ ).

$E_{ijkl}$  = error experimental

**Tabla 2. Distribución de los tratamientos del diseño cuadrado latino.**

<b>Animales</b>				
<b>Periodos</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
<b>1</b>	T1	T2	T3	T4
<b>2</b>	T2	T3	T4	T1
<b>3</b>	T3	T4	T1	T2
<b>4</b>	T4	T1	T2	T3

Los datos obtenidos en las diferentes variables evaluadas, se sometieron al análisis de varianza. Para las variables que mostraron diferencias estadísticas entre tratamientos se aplicó la prueba de comparación de promedios de Tukey. En los análisis de degradabilidad ruminal *in situ*, se determinó la correlación entre el tiempo de incubación y el porcentaje de degradabilidad, aplicando la prueba del  $r$ .

### 5.6.1 FORMULACION DE HIPOTESIS

Ho:  $T1 = T2 = T3 = T4$

Hi:  $T1 \neq T2 \neq T3 \neq T4$

### 5.7 PLAN DE MANEJO

Una vez seleccionado el lote de animales se procedió a bañar, peluquear y desparasitar contra parásitos externos, y se llevaron muestras de materia fecal al laboratorio para determinar la presencia o ausencia de parásitos, se pesaron y alojaron en su respectiva jaula.

El ordeño se efectuó por medio de ordeñadora mecánica, dos veces al día a las 4:00 a.m. y 4:00 p.m. Las normas sanitarias para todos los animales fueron las llevadas a cabo en el Centro de Investigación Obonuco.

## **5.8 VARIABLES EVALUADAS**

**5.8.1 Consumo de alimento.** Consumo de árbol forrajero : Para determinar el consumo de árbol forrajero se realizó un preensayo, dejando los animales en semiestabulación, por ocho días, recibiendo follaje de árbol a voluntad. Se estableció el consumo total de follaje de árbol/animal/día. Igualmente se observó el consumo de follaje en silvopastoreo.

Consumo de ensilaje de avena : el consumo de ensilaje se registró a diario y de forma individual, tanto lo ofrecido como lo rechazado, en kg/animal/día.

Consumo de suplementos experimentales :se registró diariamente la cantidad ofrecida en los dos ordeños, en kg/animal/día.

**5.8.2 Análisis de laboratorio.** El forraje ofrecido a los animales consistente en ensilaje de avena, se sometió a un análisis bromatológico igualmente el material forrajero y los suplementos suministrados en cada periodo experimental. Se hizo análisis proximal de Weende para determinar: materia seca, materia orgánica, ceniza, extracto etéreo, fibra bruta, proteína cruda, extracto libre de nitrógeno. Se determinó nitrógeno por el método de Kjeldahl y Mediante el método de Van - Soest, se determinó los componentes: fibra detergente neutro, fibra detergente ácida, celulosa, hemicelulosa y lignina.

**5.8.3 Digestibilidad ruminal *in situ*.** A los suplementos y al ensilaje se les realizaron pruebas de degradabilidad ruminal en animales fistulados, siguiendo la metodología descrita por Orskov, (52).

**5.8.4 Comportamiento en peso de los grupos experimentales.** Para evaluar las variaciones en el peso de los animales en los diferentes periodos experimentales, se realizaron pesajes al inicio, a la mitad y al final de cada periodo.

**5.8.5 Producción de leche.** La evaluación de la producción de leche se realizó teniendo en cuenta la cantidad de leche obtenida los últimos siete días del periodo, medida en kg/animal/día.

**5.8.6 Composición de la leche.** Para determinar el contenido de componentes de la leche se tomaron 250 cc de muestra de leche/animal/día, correspondientes, la mitad al ordeño de la mañana y la otra mitad al ordeño de la tarde. El análisis de los componentes se llevó a cabo en el laboratorio utilizando el método de Gerber para determinar el contenido de grasa y el método de Kjeldahl para medir proteína; la lactosa se midió por el método volumétrico de Fehling y la densidad se tomó por lactodensímetro. Los sólidos totales y sólidos no grasos se calcularon mediante las fórmulas, descritas por Rivera (1995, 241):

Sólidos totales =  $1,2 \times \text{Materia grasa} + \text{lectura lactométrica}/4$ , y

Sólidos no grasos =  $0,2 \times \text{Materia grasa} + \text{lectura lactométrica}/4$ .

**5.8.7 Análisis económico.** Para el análisis económico de cada uno de los tratamientos se siguió la metodología de presupuestos parciales, sin considerar costos de instalaciones, equipo, tierra, animales y servicios, debido a que influyen igualmente en todos los tratamientos (Perrin, 1976, 2-54).

## 6. PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS

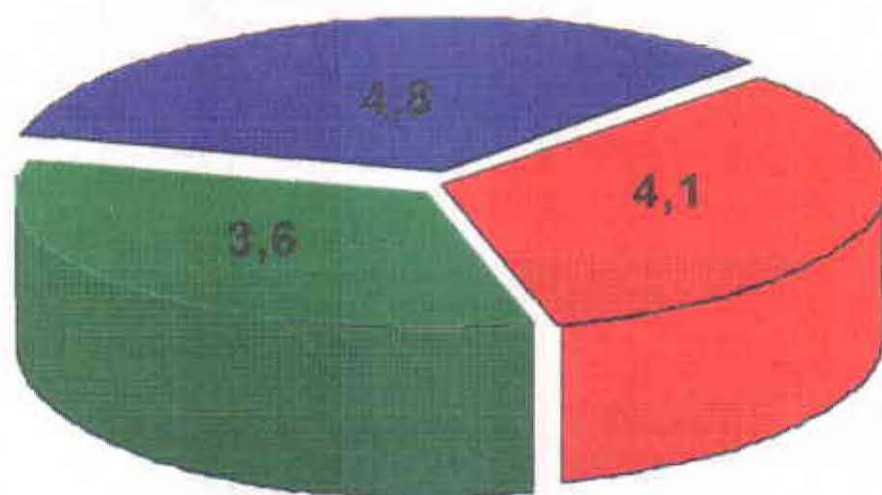
### 6.1 CONSUMO DE ALIMENTO

6.1.1 Consumo de follaje fresco de árbol. Se encontró que el consumo de árbol forrajero fue mínimo durante el primer día, y se fue incrementando hasta alcanzar un consumo promedio de 4,8 kg para el sauco; de 3,6 kg para el quillotocto y 4,1 kg para la acacia, durante seis horas al día (Tabla 3). Se obtuvo el mayor consumo con el sauco; su alta digestibilidad, textura más suave y su mejor sabor, probablemente lo hicieron más aceptable que el quillotocto y la acacia (Figura 4).

Estos resultados indican que para incluir forraje arbóreo en la alimentación de rumiantes se necesita de un periodo de acostumbramiento, antes de llevarlos a un sistema de silvopastoreo. De acuerdo con Foidi, Mayorga y Vasquez (1996, 10), cuando se inicia la alimentación con árboles forrajeros es posible requerir de un periodo de adaptación, mezclándolo con otros alimentos que se le ofrece al ganado, como la melaza o la sal mineralizada.

**Tabla 3. Niveles de aceptación del follaje de árbol forrajero en Vacas lactantes (kg de F.V./animal/día).**

Día	Arbol forrajero		
	Sauco	Quillotoco	Acacia
1	1,6	1,2	1,50
2	3,2	3,0	2,50
3	3,9	3,1	2,00
4	4,6	3,5	4,25
5	5,5	4,5	3,05
6	5,0	5,0	8,83
7	9,3	5,5	6,00
8	6,0	6,0	4,40
<b>Total</b>	<b>39,10</b>	<b>31,80</b>	<b>32,53</b>
<b>Promedio</b>	<b>4,8</b>	<b>3,60</b>	<b>4,06</b>



■ **Sauco**      ■ **Quillotoco**      ■ **Acacia**

**Figura 4. Nivel de consumo de follaje de árbol forrajero, en condiciones de semiestabulación (kg/animal).**

Se encontró que en silvopastoreo el follaje de sauco, quillotocto y acacia, fue consumido adecuadamente, indicando que este sistema se puede establecer en el trópico alto para la alimentación de ganado lechero.

Benavides (1995, 3), reporta que en la alimentación con árboles forrajeros, se han obtenido niveles satisfactorios de ingestión y se ha observado que con algunas, es necesario utilizar periodos largos de adaptación antes que el consumo se estabilice.

La utilización de especies arbóreas en silvopastoreo, ha dado muy buenos resultados en la producción de leche y carne en el trópico, ya que estas plantas presentan abundante follaje, el cual es ramoneado apropiadamente por el ganado. Se han realizado numerosos trabajos con leguminosas forrajeras, que señalan su aceptabilidad dentro el sistema silvopastoril.

**6.1.2 Consumo de ensilaje de avena.** El consumo promedio de ensilaje fluctuó entre 48,5 y 49,3 kg de forraje fresco/animal/día. Para un consumo promedio de materia seca de 10,83 kg/animal/día (Tabla 4). Lo que representa el 1,2% del peso vivo, evidenciando la buena calidad de este ensilado, si se tiene en cuenta que los rangos informados en la literatura sobre el consumo de ensilado están entre 1,2 y 1,8 % del peso vivo; esto gracias a que presento muy buenas características físicas y químicas de pH, humedad, color, olor,

sabor y apariencia. El pH fluctuó entre 4,0 y 4,5 y la humedad entre 72 y 79%; su color, olor y apariencia fueron las ideales en un ensilaje.

De acuerdo con CORPOICA (1994, 48), un ensilaje de buena calidad debe tener un pH que oscile entre 3,8 a 4,2; una humedad entre 68 y 78%, presentar un color verde o dorado, olor agradable ausencia de hongos y un sabor azucarado agradable.

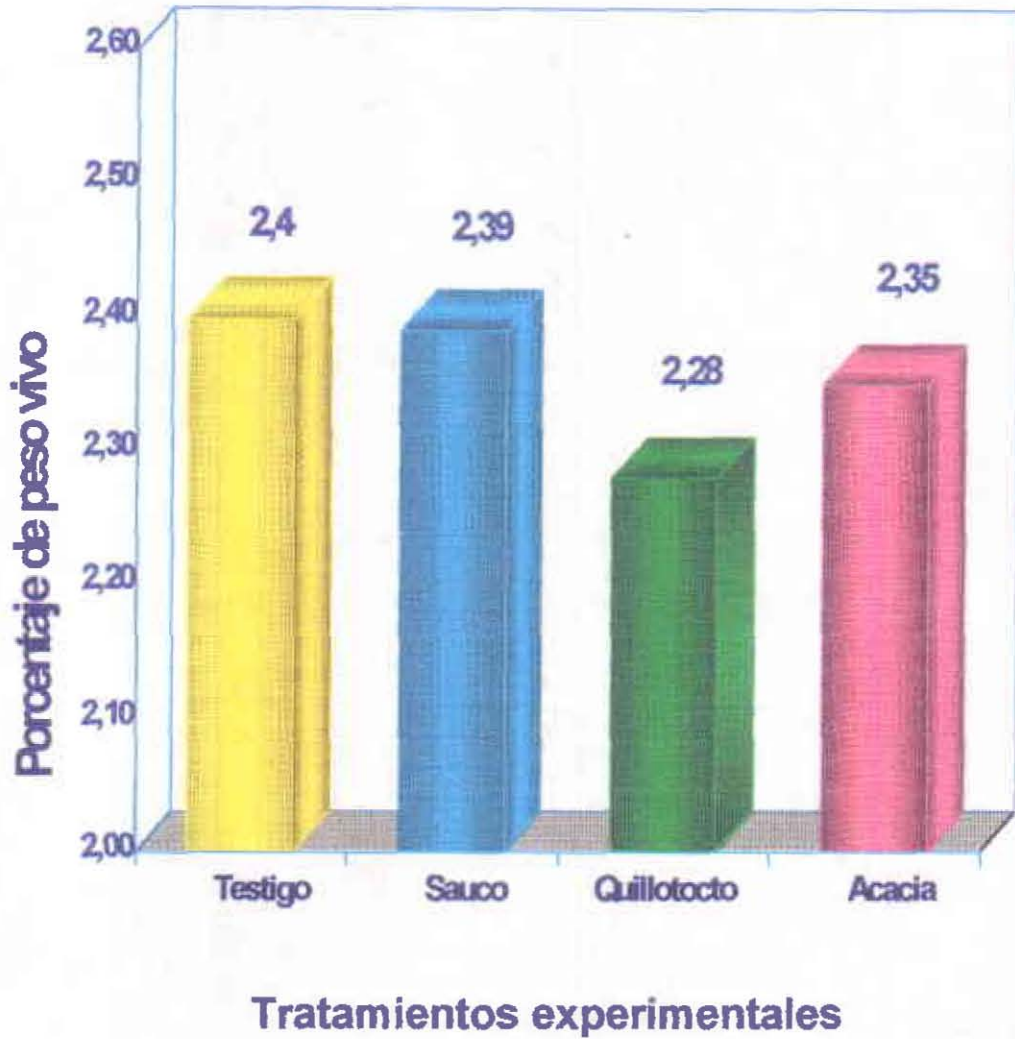
**6.1.3 Consumo de suplemento.** La cantidad de suplemento ofrecida fue de 3 kg/animal/día, los cuales fueron totalmente consumidos, para un promedio materia seca de 2.5 kg/animal/día (Tabla 4). Estos resultados demuestran que las harinas de los árboles no afectaron la palatabilidad de la ración.

El consumo total de materia seca (ensilaje y suplemento), fluctuó entre 13,22 y 13,53 kg/animal/día. Mientras que el consumo expresado como porcentaje del peso vivo fue de 2,40, 2,39, 2,28 y 2,35, para los grupos 1, 2, 3 y 4 respectivamente (Figura 5). El análisis estadístico demostró que no hay diferencias significativas respecto al consumo de materia seca total entre los tratamientos experimentales (Tabla 1 del Anexo A).

**Tabla 4. Consumo de alimento de los grupos experimentales suplementados con diferentes dietas (kg/animal/día).**

	GRUPO			
	1	2	3	4
	Testigo	Sauco	Quillotocto	Acacia
<b>Consumo de ensilaje (fresco)</b>	48,6	48,5	48,8	49,3
<b>Consumo de ensilaje ( M.S.)*</b>	10,79	10,77	10,83	10,95
<b>Consumo de suplemento (M.S.)*</b>	2,52	2,45	2,43	2,58
<b>Consumo total (M.S.)*</b>	<b>13,31</b>	<b>13,22</b>	<b>13,26</b>	<b>13,53</b>

\*M.S.= Materia seca



**Figura 5.** Consumo de materia seca expresado como porcentaje del peso vivo de los grupos experimentales.

El consumo total de materia seca, no se vio afectado negativamente por ninguna de las especies arbóreas. En investigaciones con árboles forrajeros, se ha encontrado que su uso como suplemento ejerce un efecto de sustitución sobre el consumo de dietas basales, tanto cuando el suplemento se da como forraje o como concentrado rico en proteína o energía. 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, probablemente como resultado de la mayor digestibilidad (Lascano y Holmann, 1997, 49).

Por otro lado, Preston y Leng, (138), afirman que, el consumo es uno de los mejores índices 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. Así mismo Lascano (1997, 97), reafirma que la cantidad y calidad nutritiva de un alimento son factores que interactúan e influyen significativamente en la producción del ganado.

## **6.2 ANALISIS DE LABORATORIO**

**6.2.1 Valor nutritivo de las especies arbóreas.** Los árboles forrajeros, enseñan en su composición contenidos importantes de nutrientes ; como se indica en la Tabla 5.

**Tabla 5. Composición química del follaje de las tres especies Arbóreas (% BS).**

	<b>Sauco</b>	<b>Quillotocto</b>	<b>Acacia</b>
<b>Materia Seca (%)</b>	14,08	28,32	35,04
<b>Materia orgánica</b>	88,92	93,6	95,97
<b>Proteína Cruda</b>	23,81	13,10	17,75
<b>Extracto Etéreo</b>	5,21	3,1	3,54
<b>Cenizas</b>	11,08	6,4	4,03
<b>FDN</b>	19,44	41,25	39,19
<b>FDA</b>	17,28	35,32	30,61
<b>Celulosa</b>	8,13	26,58	21,97
<b>Hemicelulosa</b>	2,16	5,94	8,58
<b>Lignina</b>	9,15	8,73	8,64
<b>Calcio</b>	0,91	1,07	0,74
<b>Fósforo</b>	1,67	0,46	0,27
<b>Magnesio</b>	0,78	0,21	0,13
<b>Energía Bruta (Mca/kg)</b>	4,57	4,55	5,12

Las harinas del follaje de los árboles muestran valores relativamente altos de proteína, el mayor porcentaje lo presentó el sauco con 23,81%, la acacia con 17,8% y el nivel más bajo para el quillotoco con 13,1%.

Estos niveles son comparables a los encontrados en muchos de los forrajes tradicionales, como la alfalfa cuyo contenido proteico se equipara al obtenido en el sauco; la alfalfa se considera como una de las leguminosas herbáceas de más alta calidad forrajera; según el NRC (47), la alfalfa contiene entre un 22 y 28% de proteína en la materia seca. Del mismo modo la proteína encontrada en el follaje de acacia y quillotoco es igual o superior a la de pastos como el kikuyo, la saboya, raygrass, etc., cuyo contenido proteico varia desde un 12 hasta un 20% en la materia seca; los cuales se consideran de gran importancia en la alimentación de la vaca lechera.

Igualmente, otro de los compuestos de importancia es la fibra, que representa el grupo de carbohidratos, presentes en la pared celular del forraje, conocidos como carbohidratos estructurales, tales como la celulosa, hemicelulosa y lignina. De estos componentes fibrosos, la lignina es la más resistente al ataque microbiano, la celulosa es más fácilmente desdoblada y las hemicelulosas son las más digestibles de las tres.

En los árboles forrajeros se determinó un contenido de lignina bajo entre 8,0 y 9,0% ; respecto a la celulosa el menor porcentaje fue para el follaje de sauco

con 8,1% ; contrario al quillotocto y acacia que presentaron altos contenidos 26,6 y 21,9% respectivamente. Los contenidos de hemicelulosa fueron relativamente bajos para los tres árboles, entre 2,0 y 8,0%.

La importancia de la fibra radica, en que esta afecta directamente la actividad de la flora microbial, de cuyo desempeño depende la producción y la calidad de la leche. El porcentaje de componentes fibrosos de la ración tiene su efecto sobre la producción de saliva, pH del rumen, tiempo de rumia y producción de ácidos grasos volátiles. El NRC (48), sugiere para una máxima producción de leche y porcentaje de grasa las vacas deben recibir como mínimo, una dieta que contenga un 28% de FDN a base de la materia seca o 18% de FDA.

Los porcentajes de componentes fibrosos más ajustados a los requerimientos se hallaron en el follaje de sauco. Si en la ración se incluye más del 22% de fibra se perjudica la capacidad de consumo de alimento del animal. Por otro lado si el contenido de fibra es menor de 17% de la materia seca el porcentaje de grasa en la leche se reduce (Koeslag, 1996, 56).

Un aspecto interesante en los árboles, es su valor energético, se ha determinado un contenido de energía digestible por encima de 3,0 megacalorías. Estos contenidos son superiores a los señalados para los

pastos tradicionales como el kikuyo (entre 1,0 y 2,0 megacalorías) o la alfalfa (entre 2,0 y 3,0 megacalorías), (CORPOICA, 8).

Si la cantidad de energía en la ración es suficiente, las bacterias del rumen trabajan eficientemente en la degradación de las proteínas, reflejándose en la producción y mantenimiento de los animales. El principal objetivo del alimento es la producción de energía para los procesos corporales, incluyendo el almacenamiento de energía, ya que todos los nutrientes orgánicos pueden servir para este propósito, el valor energético provee una base común para expresar su valor nutritivo (Maynard, et al, 202).

La suplementación de una dieta con más energía mejora tanto el porcentaje de proteína como la cantidad de leche. Esto se aplica tanto si la energía viene del concentrado como si viene del forraje. Sin embargo, suplementar energía por encima de las necesidades tiene poco efecto; excesos de carbohidratos rápidamente fermentables en el rumen podrían disminuir el pH del rumen y disminuir la cantidad de proteína microbiana que llega al duodeno, lo que tendría un efecto negativo sobre el contenido de proteína de la leche (Torrent, 1999, 143).

Otro aspecto de interés en la ración diaria de vacas lactantes es la grasa. La cual es muy útil, ya que en la medida adecuada mejora la producción y composición de la leche. En los análisis de los alimentos este componente se

determina como extracto etéreo; el porcentaje de extracto etéreo encontrado en los árboles fue relativamente bajo, comparado con alimentos como el frijol soya (18% de grasa), o la semilla de algodón entera (22% de grasa). En el sauco se obtuvo un nivel aceptable de grasa (5,21%), siendo mayor que el obtenido en el quillotocto (3,1%) y la acacia (3,54%). Contenidos muy semejantes se han determinado en forrajes y granos (3 a 4%). De acuerdo con Maynard (17), el contenido de lípidos es mayor en las hojas, que en los tallos, y por lo general mayor en la semillas, donde actúa como reserva de energía para la germinación posterior; las semillas de oleaginosas como la soya, algodón, lino, tienen esta energía en forma de grasa.

El mismo autor informa que se ha comprobado las ventajas de utilizar alimentos ricos en grasa para mejorar la producción de leche, la mayor ingesta de grasas da como resultado una utilización más efectiva de la energía digestible para la producción láctea esta explicación se respalda en los recientes descubrimientos que indican que el incremento de los niveles de grasas en los alimentos aumentan su eficiencia de utilización debido a la disminución del incremento calórico.

Por otro lado Rivera (53), afirma que la grasa debe limitarse como máximo al 5% de la materia seca de la ración, menos de 500 gramos por vaca por día por que deprime el desarrollo de la flora ruminal. Si la ración lleva grasa deberán

corregirse los niveles de calcio, fósforo y magnesio, así como la proteína sobrepasante y adicionar correctores de pH.

En relación a la composición mineral, en los árboles forrajeros se encontraron niveles adecuados de calcio, fósforo y magnesio, haciéndolos propicios para la alimentación de vacas lactantes. El sauco mostró valores relativamente altos de fósforo (1,67%) y un nivel normal de calcio (0,91%), a pesar de que la relación calcio:fósforo no es la adecuada, estos niveles aseguran cubrir los requerimientos, como afirma Muslera y Ratera (1983, 395), la concentración de calcio y fósforo para producir un litro de leche oscila entre 0,4 y 0,7% para el calcio y 0,2 y 0,39 % para el fósforo.

El quillotocto presenta un contenido alto de calcio (1,1%), muy favorable en animales en lactación, por las altas demandas de calcio que se presentan en esta etapa. También reúne valores aceptables de fósforo (0,46%). Se observa una adecuada relación calcio:fósforo. Según Underwood (1969, 98), la relación calcio:fósforo, durante el periodo de lactancia debe ser 1,5:1,0.

El porcentaje de calcio en la acacia está en un nivel normal (0,74%) y el contenido de fósforo es relativamente bajo (0,27). Se conoce que el calcio y fósforo de diversas procedencias no se absorbe con idéntica facilidad, hay

pruebas de que los rumiantes absorben mejor el fósforo que el calcio procedentes de alimentos groseros (Underwood, 98).

Rivera (57) anota que la ración de la vaca lechera debe poseer un contenido de calcio y fósforo para asegurar al menos el 50% de la producción de leche diaria.

El magnesio, es otro de los minerales de mucha importancia; durante la lactancia los requerimientos son mayores y su aprovechamiento se puede ver reducido, (Maynard,et al, 488). El sauco presento un porcentaje alto de magnesio (0,78%). Las necesidades de magnesio para vacas en producción oscilan entre 0,15 y 0,2% (Muslera y Ratera, 395).

En el quillotocto y la acacia el nivel de magnesio esta en un rango normal, (0,21 y 0,13% respectivamente). El magnesio puede afectar el aprovechamiento del calcio y fósforo, lo que es evidente es que la ingesta de calcio y fósforo elevada tiene un efecto real sobre el aumento en las necesidades mínimas de magnesio (Maynard,et al, 254).

Orskov (38), menciona, que, como todos los seres vivos, los microorganismos ruminales requieren minerales y elementos traza que aseguran un funcionamiento y metabolismo celular normal. Obviamente, si uno o más de

estos minerales están presentes en cantidades insuficientes, el ritmo de crecimiento y la producción microbiana se verán afectados. De acuerdo con Koeslag (58) los minerales más importantes para los bovinos de leche, son calcio, fósforo y magnesio.

Maynard, et al., (254) señala que no se sabe en que magnitud un agotamiento de las reservas de minerales, debido a raciones inadecuadas en calcio y fósforo, puede limitar la producción de leche y la vida productiva de la vaca. Al respecto, es probable que aún con la mayor nutrición mineral posible, la vida productiva puede reducirse por la incapacidad para satisfacer las demandas fisiológicas impuestas por producciones altas.

Los árboles forrajeros, al suministrarse con otras especies gramíneas y leguminosas, comúnmente utilizadas, se complementan bien, mostrando respuestas positivas, como se comprobó en estudios hechos con matarraton, en el trópico cálido (Murgueitio, 87). La ventaja de las mezclas de forrajes, está en que suministran una dieta balanceada a los animales, a diferencia de las dietas con base en una sola especie, donde generalmente se presenta desbalance entre proteína y energía (Guerrero, 328).

**6.2.2 Valor nutritivo de los suplementos.** De acuerdo con el análisis de las harinas del follaje de cada árbol y basados en la composición química que el

NRC (49), señala para el trigo, torta de soya y melaza ; y teniendo en cuenta las necesidades nutricionales de los animales y la composición del alimento base (ensilaje de avena), se realizó el balance de cada una de las raciones, (Tabla 6).

La harina de sauco es el elemento que en menor cantidad interviene en la ración (21,17%), por el contrario el quillotocto se utiliza en mayor cantidad (39%), ya que su contenido proteico es bajo, la acacia se encuentra en un nivel intermedio (28,8%).

El análisis bromatológico de los suplementos, indicó contenidos de proteína entre 18 y 20%, con lo que satisface los requerimientos para vacas de medianas producciones (Tabla 7).

Los compuestos fibrosos fueron semejantes para los cuatro suplementos, el porcentaje de FDN vario entre 33 y 40%, el suplemento testigo presento el nivel más bajo. Los aportes de minerales, calcio, fósforo y magnesio, son los adecuados para cubrir los requerimientos.

**6.2.3 Valor nutritivo del ensilaje de avena.** La materia seca del ensilaje de avena fue de 22%, encontrándose en un rango adecuado (15 a 35%). presento un nivel de proteína comparativamente bajo (8,0%), respecto a la proteína del forraje verde (17%), (Tabla 7). El valor nutritivo de un forraje ensilado nunca es mejor que el del cultivo verde (Church y Pond, 309).

**Tabla 6. Balance de los suplementos experimentales con árbol forrajero.**

Ingrediente %	Suplementos experimentales			
	T1	T2	T3	T4
Harina de Acacia	—	—	—	28,8
Harina de Quillotocto	—	—	39,0	—
Harina de Sauco	—	21,17	—	—
Harina de Trigo	78,0	62,8	39,4	52,2
Torta de Soya	14,0	7,50	13,6	10,0
Melaza	8,0	8,0	8,0	8,0

**Tabla 7. Composición química del ensilaje de avena y los suplementos utilizados en la alimentación de vacas lactantes (%BS).**

	Ensilaje de avena	Suplementos*			
		T1	T2	T3	T4
Materia Seca (%)	22,2	83,8	81,6	80,8	86,1
Proteína Cruda	8,0	19,7	18,7	20,7	19,6
Extracto Etéreo	3,7	2,0	3,1	2,8	3,0
Cenizas	8,9	4,3	6,1	6,9	4,5
FDN	67,2	33,4	53,3	38,8	39,8
FDA	44,3	7,5	12,3	22,6	14,8
Lignina	2,3	2,1	4,1	9,3	1,6
Calcio	0,3	0,2	0,4	0,6	0,4
Fósforo	0,3	0,5	0,5	0,4	0,3
Magnesio	0,1	0,3	0,2	0,5	0,2
Energía Bruta (Mca/kg)	4,4	4,3	4,3	4,6	4,4

\* Suplementos:

Suplemento T1 = Testigo

Suplemento T2 = Sauco 21.7%

Suplemento T3 = Quillotoco 39.0%

Suplemento T4 = Acacia 28.8%

La literatura reporta que los ensilajes son de escaso valor proteico y que con excepción del maíz todos los ensilajes son deficientes en energía. Por lo tanto cuando se usan ensilajes habrá que prever una suplementación proteica y energética en los casos de ensilaje de gramíneas, y solo energética, en el caso de leguminosas (Berlijn y Bernardon, 1996, 71).

Por otro lado los porcentajes de fibra fueron altos, (67 y 44% de FDN y FDA respectivamente), lo que disminuye la degradabilidad del forraje. De acuerdo con Muslera y Ratera (554), los ensilajes presentan niveles elevados de fibras y porcentajes de degradación ruminal bajos (50 a 60%).

Respecto al contenido de minerales, el ensilaje reportó contenidos de calcio, fósforo y magnesio comparativamente bajos. Todas estas cifras enseñan su limitado valor nutritivo, además la baja degradabilidad que se encontró en el análisis con animales fistulados (48,6%), hace que el potencial de utilización y aprovechamiento de la proteína sea menor; En la Tabla 8 se presentan los coeficientes de degradación del ensilaje de avena.

### **6.3 DEGRADABILIDAD RUMINAL *IN SITU* DE LOS SUPLEMENTOS.**

Para realizar el análisis de degradabilidad se siguió la metodología descrita por Orskov (53). Que consiste en colocar muestras de 3 a 5 gramos de

**Tabla 8. Degradabilidad *in situ* de la materia seca y de la proteína del ensilaje de avena.**

<b>Tiempo</b>	<b>% Degradabilidad</b>	
	<b>Materia seca</b>	<b>Proteína</b>
<b>0</b>	0,92	0,91
<b>12</b>	22,75	24,84
<b>24</b>	28,57	28,81
<b>36</b>	40,86	39,63
<b>48</b>	45,31	43,56
<b>72</b>	48,61	45,26

materia seca en pequeñas bolsitas de nylon. Estas bolsas deberán ser lavadas, secadas e identificadas con su respectivo número. Posteriormente se pesan vacías y se introduce la muestra (5,0 g), se aseguran con un hilo de nylon, nuevamente se vuelven a pesar quedando listas para ser introducidas en el rumen. Las bolsas con sus respectivas muestras se lavan, y se separan algunas de ellas para determinar pérdidas por lavado, correspondientes al tiempo cero. Las bolsas a incubar se atan a una cuerda de nylon, y se introducen al rumen sujetas de la tapa de la cánula ruminal. Una vez terminado el tiempo de incubación las bolsas se sacan, se lavan con abundante agua limpia y se llevan a refrigeración con el fin de detener el proceso de fermentación. Posteriormente se secan, en una estufa a 65°C, durante 48 horas. Finalmente se pesa y se procede a hacer el análisis químico.

**6.3.1 Degradabilidad *in situ* de la materia seca.** el suplemento testigo inicio con la mayor degradación, a las 12 horas alcanzó una degradabilidad de 77%. Entre los suplementos con árbol forrajero la mayor digestibilidad se obtuvo con la harina de sauco con 70%, seguido por el quillotocto con 59% y finalmentela acacia con 49% de degradación (Tabla 9).

El análisis estadístico señalo diferencias altamente significativas entre los cuatro suplementos. La prueba de Tukey indica que el tratamiento testigo es igualmente degradado que el sauco, y el tratamiento quillotocto difiere en su degradación respecto al tratamiento acacia (Tabla 1 y 2 del Anexo B).

**Tabla 9. Degradabilidad *in situ* de la materia seca de los suplementos experimentales.**

<b>TIEMPO</b>	<b>TRATAMIENTOS</b>			
	<b>horas</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
<b>0</b>	0,89	2,39	3,46	0,15
<b>12</b>	77,6	70,07	9,73	49,6
<b>24</b>	86,16	78,86	65,83	67,75
<b>36</b>	90,2	87,65	80,38	72,83
<b>48</b>	91,01	89,3	81,35	75,08
<b>72</b>	92,86	90,42	81,5	76,73

Durante las siguientes 12 horas, la digestibilidad se aceleró en el tratamiento acacia, superando al quillotocto; sin embargo, presentaron una degradabilidad inferior a los tratamientos testigo y sauco. Estadísticamente hay diferencias altamente significativas en la digestibilidad a las 24 horas; según la prueba de Tukey el tratamiento testigo es igual al sauco y el tratamiento acacia igual al quillotocto (Tabla 3 y 4 del Anexo B).

En adelante hasta las 36 horas la digestibilidad se aceleró para el tratamiento quillotocto, sobrepasando a la acacia, no obstante no alcanzaron a los tratamientos testigo y sauco. En el análisis estadístico y en la prueba de Tukey los cuatro suplementos fueron diferentes en sus coeficientes de digestibilidad (Tabla 5 y 6 del Anexo B).

En las restantes 36 horas no hubo incrementos importantes en la digestibilidad, ya que los suplementos no superaron el 2,0% de degradación, dando a entender que el trabajo de las bacterias sobre el material fibroso es muy eficiente durante las primeras 36 horas de incubación.

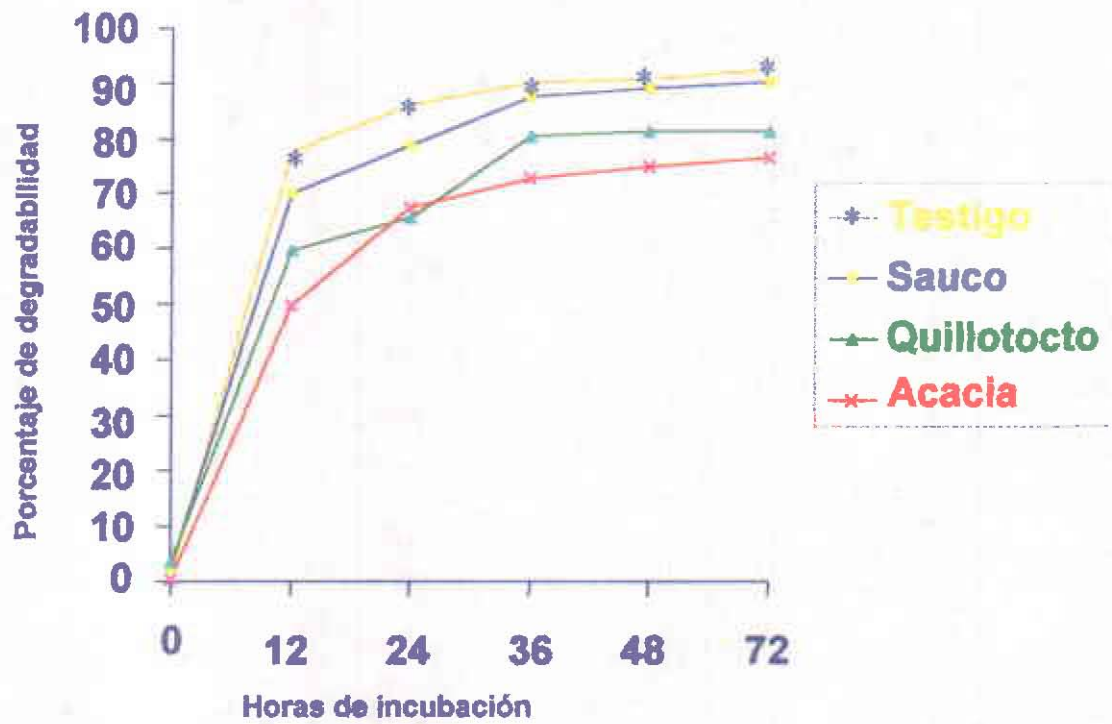
Se encontró que existe una correlación positiva entre el tiempo de incubación y la digestibilidad de la materia seca, el  $r$  fue: para T1 = 0,75; para T2 = 0,79; para T3 = 0,83; para T4 = 0,84. Estos valores representan la resistencia de la fibra para el desdoblamiento microbiano. Los valores más altos fueron para los tratamientos 3 y 4, con quillotocto y acacia, que necesitan de una mayor

permanencia en el rumen para lograr un incremento en la degradabilidad (Figura 6).

No todos los alimentos se degradan de igual manera; los coeficientes de digestión (degradabilidad), no son constantes para un determinado alimento o especie animal, ellos están influenciados por muchos factores variables. La digestión eficiente del rumiante incluye un balance de proteína y energía de solubilidad variable para los microorganismos del rumen. Cantidades insuficientes de proteína y energía de solubilidad en la ración consumida por el rumiante puede limitar la eficiencia del rendimiento microbial, la digestión de la fibra del follaje y consecuentemente, el desempeño del animal (Carpenter, 1999, 35).

En general la deficiencia de un nutriente necesario para los microorganismos ruminales, reduce la biomasa microbial, disminuye a su vez la digestibilidad de los alimentos particularmente los fibrosos (Preston y Leng, 107).

En los herbívoros el 20% o más de su ración puede consistir en sustancias que se digieren solo por la acción microbial, los factores que rigen esta actividad son por lo mismo de gran importancia. Las relaciones cuantitativas implicadas en la descomposición microbiana de los carbohidratos varían de acuerdo con la clase y número de microorganismos presentes que, a su vez, están bajo la influencia de las características del alimento (Maynard, et al., 19).



**Figura 6. Degradabilidad de la materia seca de los suplementos experimentales.**

Se puede distinguir con claridad las diferencias en digestión ruminal de la materia seca entre el suplemento sin follaje de árbol y los suplementos que contienen follaje de árbol. El suplemento testigo, sin árbol forrajero, con el menor porcentaje de fibras, alcanzó la más alta degradabilidad de la materia seca, como resultado de la mayor presencia de carbohidratos solubles, proporcionados por el trigo molido, la torta de soya y la melaza. Por el contrario en los suplementos con harina de árbol, la degradabilidad fue menor, tal vez, por que las bacterias prefieren degradar los carbohidratos simples que hacían parte de la ración, y no actuar directamente sobre las partículas más fibrosas.

Se ha demostrado, por ejemplo, que la adición de carbohidratos fácilmente digeribles como el almidón, caña de azúcar o melazas en la ración del ganado, disminuye la digestibilidad de la fibra. Esta observación ha sido explicada por la preferencia que muestran las bacterias para desdoblar hidratos de carbono simples (Maynard, et al, 19).

El mismo autor afirma, que es natural que tal cambio en las sustancias atacadas podrían reducir al valor nutritivo de la fracción completa de carbohidratos del alimento, en la que una menor cantidad de fibra sería digerida y más del azúcar absorbible se perdería en forma de gas. Existe también evidencia de que el tipo de forraje sin importar su contenido de fibra, influye en la naturaleza de la flora bacteriana y en su actividad.

Sin embargo la digestibilidad esta regulada más por las características intrincas de las células vegetales, que de los componentes y las proporciones de estas fracciones bioquímicas (FDN y FDA) (Van Soest, 45).

De otro lado, en un estudio, realizado por Williams y colaboradores, citados por Maynard (30), en el que se remplazó heno de baja calidad por alfalfa, se estimula la actividad microbiana, lo que sugiere que este último forraje podría proveer vitaminas específicas o de otros factores necesarios para el mejor crecimiento de la bacteria en cuestión. La explicación de esto podría ser el mayor contenido de proteína, ya que esta demostrado que los alimentos ricos en proteínas, promueven el desdoblamiento microbiano de la fibra. La adición de proteína a cualquier nivel de almidón, aumenta la digestibilidad de la materia seca. Van Soest y McQueen, citados por Maynard (20) expresan que la causa probable de la reducción de la digestibilidad se deba a un aumento en la velocidad de paso, la cual esta influenciada por la estructura del alimento y el nivel de alimentación.

**6.3.2 Degradabilidad *in situ* de la proteína.** Los coeficientes de digestibilidad de la proteína de los suplementos, se presentaron en el mismo orden que en la materia seca. A las 12 horas los tratamientos testigo y sauco, superan el 50% de degradación, mientras que los tratamientos quillotocto y acacia solo llegan a un 30%, como se observa en la Tabla 10.

**Tabla 10. Degradabilidad *in situ* de la proteína(%) de los tratamientos experimentales.**

<b>TIEMPO</b> Horas	<b>SUPLEMENTOS</b>			
	<b>Testigo</b>	<b>Sauco</b>	<b>Quillotocoto</b>	<b>Acacia</b>
<b>0</b>	0,89	2,39	3,46	1,68
<b>12</b>	54,36	55,85	32,65	29,08
<b>24</b>	83,51	72,13	44,00	61,52
<b>36</b>	92,98	88,40	72,90	68,34
<b>48</b>	93,27	92,54	79,11	71,77
<b>72</b>	96,55	92,70	79,61	73,25

El análisis de varianza, indica que hay diferencias altamente significativas entre los tratamientos, y de acuerdo a la prueba de Tukey, los tratamientos testigo y sauco presentaron similitud, y tuvieron diferencias significativas respecto al tratamiento quillotocto, y estos en relación al tratamiento acacia con la más baja degradabilidad (Tabla 7 y 8 del Anexo B).

A las 24 horas la acacia acentúa su ritmo de degradación, mientras que en el quillotocto este se deprime notablemente; pese a esto, la degradabilidad no fue superior a la de los suplementos testigo y sauco. Estadísticamente se encontró diferencias altamente significativas entre los cuatro tratamientos (Tabla 9 y 10 del Anexo B).

En las siguientes 12 horas la digestibilidad de la acacia decreció, entre tanto el quillotocto incrementa su ritmo de degradación sin que pueda alcanzar a los tratamientos sauco y testigo que mantienen una degradabilidad alta. De acuerdo a los análisis de varianza existen diferencias significativas entre los cuatro tratamientos. La prueba de Tukey demuestra que los tratamientos testigo y sauco poseen el mismo ritmo de degradación, superior al quillotocto y la acacia (Tabla 11 y 12 del Anexo B).

De aquí en adelante, hasta las 72 horas el ritmo de degradabilidad es bajo, manteniendo un incremento constante hasta el final de la incubación, esto

demuestra que el mayor ataque microbiano se produce hasta las 36 horas, al igual que con la materia seca.

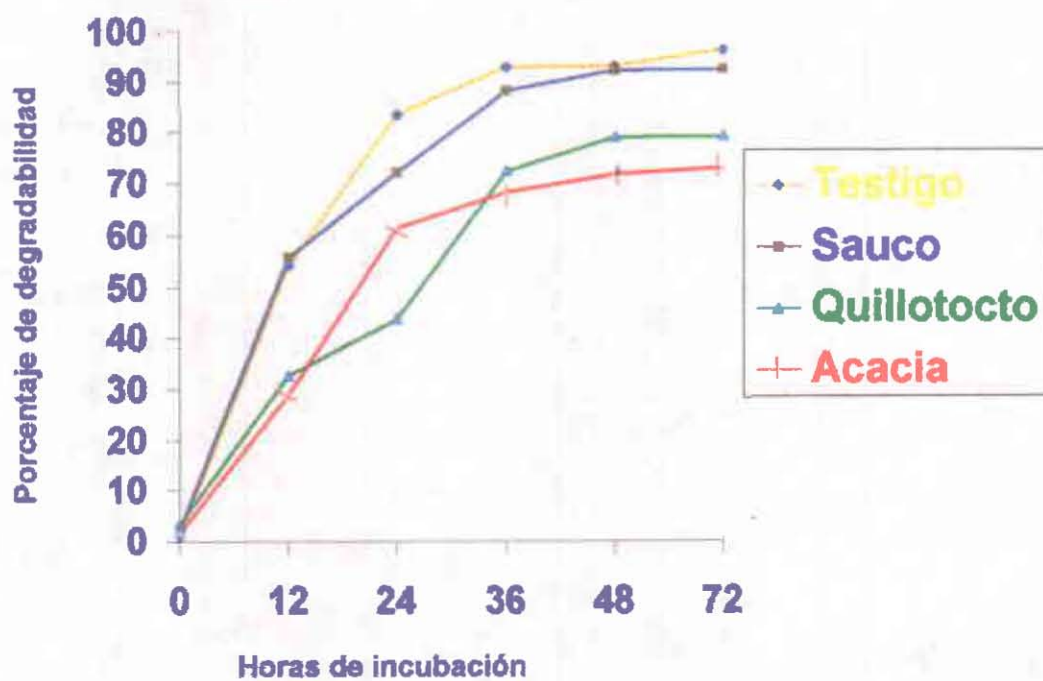
Bondi (1966) declara que es importante conocer el tipo de proteína que se suministra al animal; a pesar de los valores relativamente altos para la digestibilidad y el valor biológico de la proteína microbiana, no es conveniente proporcionar proteínas fácilmente degradables a los rumiantes; por el contrario, es preferible administrar proteínas relativamente resistentes a la degradación microbiana en el rumen, para que sean digeridas principalmente en el intestino como en los animales monogástricos.

Preston y Leng (1969) declaran que en la mayoría de los forrajes de baja digestibilidad la principal limitante del crecimiento de microorganismos en el rumen probablemente sea la concentración de amoníaco en el líquido ruminal, esta cantidad de amoníaco que permite una digestión máxima en el rumen y una población alta de microorganismos varía de acuerdo a la dieta. Al respecto Ku Vera, *et al.* (1998, 6) manifiestan que la proteína cruda contenida en el follaje de los árboles forrajeros es fermentada extensamente en el rumen, induciendo a un aumento en la concentración de  $\text{NH}_3$  en este órgano. El  $\text{NH}_3$  en el rumen es usado para crecimiento de la población microbiana y esto puede dar lugar a un incremento en el aporte de nitrógeno microbiano al intestino delgado.

Entre tanto, la correlación hallada entre el tiempo de incubación y la degradación de la proteína fue positiva, el  $r$  en cada tratamiento fue : T1= 0,86; T2= 0,88; T3= 0,95; T4= 0,90; estas cifras revelan la magnitud con la microflora ruminal actúa sobre la proteína en el rumen, siendo mayor en los tratamientos testigo y sauco, en los que el tiempo utilizado para degradarse es menor, por el contrario los tratamientos quillotocto y acacia, demoran más para la degradación proteica (Figura 7).

Es esencial que la degradación se describa en función del tiempo, pues de lo contrario, los resultados son de muy limitado valor al no poder ser ajustados adecuadamente a la velocidad de paso. Esto es particularmente importante ya que el orden que ocupan los suplementos proteicos o bien sus diferencias relativas cambian para los distintos ritmos de paso (Orskov, 71).

Al respecto, Preston y Leng (109) sostienen que la digestibilidad de la fibra por los microorganismos llega a su máximo de 5 a 6 horas después de la comida. Por lo tanto los animales alimentados a base de dietas fibrosas con bajo contenido de nitrógeno, pueden demostrar valores inferiores de digestibilidad alimenticia; sin embargo, la digestibilidad puede tomar un tiempo para desarrollarse al cambiar de una dieta alta en nitrógeno a una deficiente.



**Figura 7. Degradabilidad de la proteína de los suplementos experimentales.**

Existe gran variabilidad en la degradación de las distintas proteínas por los microorganismos del rumen. La velocidad y magnitud a que se degradan las proteínas dependen de muchos factores, como la solubilidad en el líquido ruminal, estructura de la proteína, cantidad y origen de los carbohidratos de la ración, nivel de ingestión y paso por el rumen (Bondi, 1966).

Los nuevos sistemas de valoración de la proteína subrayan la importancia de conocer la degradabilidad de la proteína, ya que este factor determina dos parámetros del sistema, es decir, la proteína degradable disponible para los microorganismos ruminales y la proteína no degradable disponible para la digestión en el intestino delgado o grueso (Orskov, 1983).

La baja degradabilidad proteica de los tratamientos con quillotocto y acacia, pudo deberse a la posible presencia de taninos, los cuales protegen la degradación de la proteína en el rumen, con la posibilidad de darle un mejor aprovechamiento, volviéndola sobrepasante, siendo esta absorbida en el intestino delgado. Proceso que ahorra energía, puesto que la proteína que se degrada en rumen produce alta cantidad de amoníaco y el organismo para eliminarla en forma de urea gasta una buena cantidad de energía.

El follaje de los árboles forrajeros puede jugar dos papeles: el mejorar el ecosistema ruminal, aportando micronutrientes y fibras largas para las

bacterias y/o proporcionar proteína sobrepasante. La respuesta a nivel animal casi siempre es positiva (Preston, 27).

Una de las características de los árboles es la de recircular a través de su metabolismo cantidades altas de nitrógeno, la proteína al estar enlazada a compuestos químicos, especialmente a compuestos de tipo fenólico, permiten escapar a la degradación ruminal (proteína sobrepasante) y ser fuente importante de proteína de alta calidad biológica para rumiantes (Preston y Leng, 155).

Leng, et al. (1992,92), también señalan que muchas especies arbóreas poseen efectos antiprotozoarios en mayor o menor escala, acción que, en igual sentido, favorecen un mejor aprovechamiento de las proteínas de la dieta.

De otro lado, Maynard, et al. (172) habla sobre la importancia económica de proteger las proteínas. El follaje de los árboles forrajeros podrían ser de gran utilidad para reducir el ataque microbiano de la fibra proveniente de otros forrajes de mayor digestibilidad; incrementando de esta forma la cantidad de proteína desviada que será dirigida posteriormente al intestino delgado.

#### **6.4 COMPORTAMIENTO EN PESO DE LOS GRUPOS EXPERIMENTALES.**

Las variaciones en el peso de los animales entre tratamientos y entre periodos fueron pequeñas. Durante el primer periodo experimental, en el que las vacas estaban entre la sexta y séptima semana de lactación, con la producción en descenso, se presentó un ligero incremento del peso, en un rango de 600 a 1200 g/animal/día. En el tratamiento testigo se encontró un incremento diario de 1140 gramos, superior a los tratamientos con árbol forrajero, de los cuales la acacia fue la de mayor promedio de peso, con una ganancia diaria de 860 g, seguido por el quillotocto con 600 gramos y finalmente el sauco con 140 g (Tabla 11).

Para el segundo periodo también se produjo un incremento en un rango más pequeño que en el anterior (entre 200 y 800 g/animal/día), el mayor incremento se obtuvo con el quillotocto, seguido por los tratamientos testigo y acacia con iguales promedios y por último el sauco con el menor incremento.

Este comportamiento en el peso se considera normal en esta fase fisiológica del ganado lechero. El cual sigue la curva establecida para las variaciones del peso de vacas alimentadas en el trópico, descrita por Aristizabal (2000, 22), (Figura 1 del Anexo C).

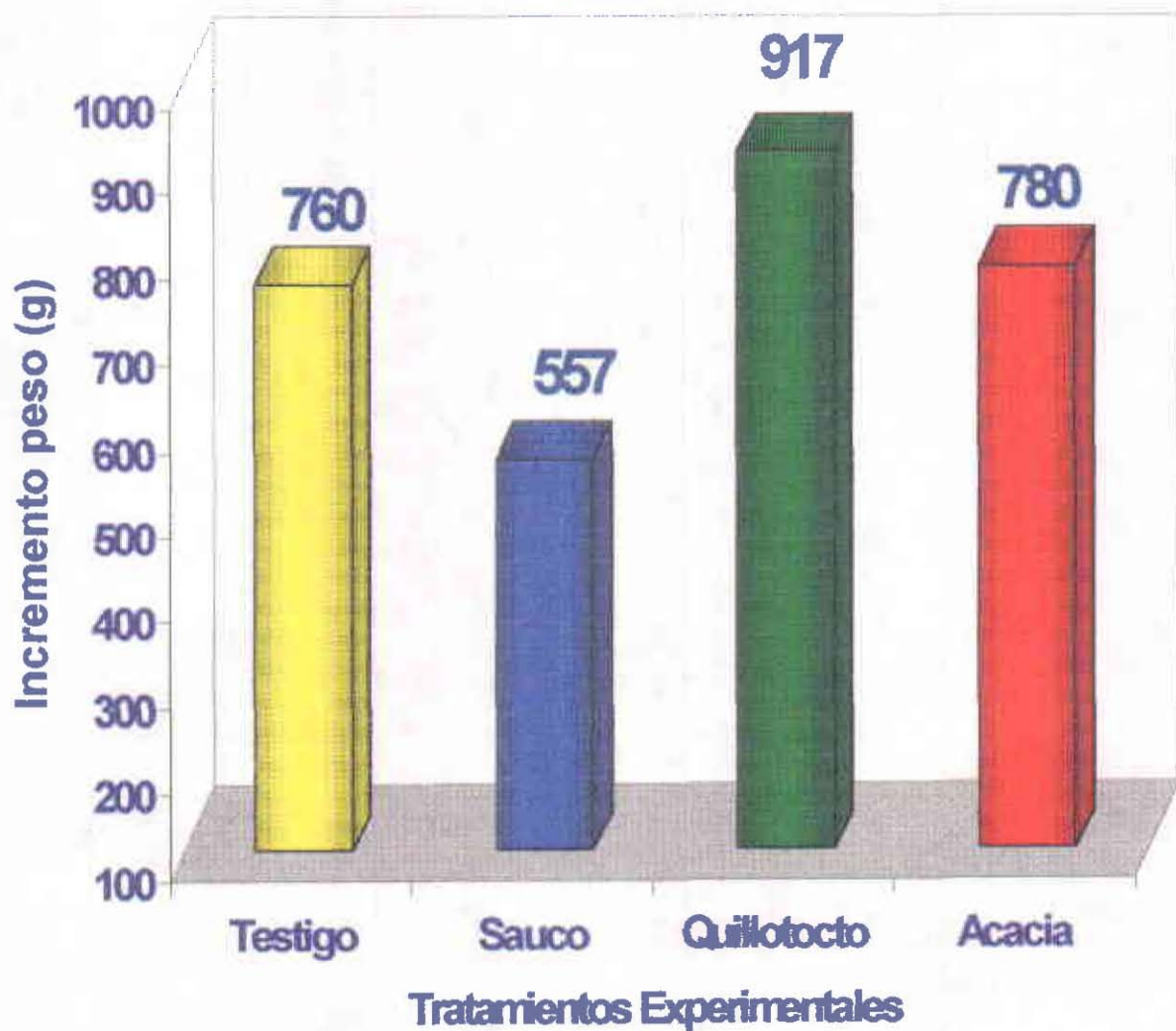
**Tabla 11. Comportamiento en peso por tratamiento de los animales en cada periodo experimental (kg/animal/día),**

Periodos	Animales							
	A		B		C		D	
1	T1	1,14	T2	0,14	T3	0,6	T4	0,86
2	T2	0,29	T3	0,71	T4	0,43	T1	0,43
3	T3	-0,14	T4	0,43	T1	-0,7	T2	0,13
4	T4	1,7	T1	2,17	T2	1,67	T3	2,50

En el tercer periodo hubo pérdidas de peso en los tratamientos testigo y quillotocto (700 y 140 g diarios respectivamente); y los incrementos de peso para los tratamientos sauco y acacia fueron bajos (130 y 430 g respectivamente).

Estos resultados negativos no coinciden con la curva normal de comportamiento en peso, las pérdidas de peso de los tratamientos 1 y 3 en este periodo, corresponden con la situación sanitaria analizada y no se atribuyen a la dieta ya que al calcular los promedios generales del peso incrementado en cada tratamiento, se encontró que los tratamientos testigo y quillotocto obtuvieron promedios similares a los tratamientos sauco y acacia (0,760 y 0,917 kg para el testigo y quillotocto y 0,557 y 0,780 kg para el sauco y la acacia respectivamente), (Figura 8). Esto permite afirmar que la dieta no repercute en los descensos del peso.

Estos descensos que pudieron ocurrir por las condiciones de estrés a que están sujetos los animales o el simple hecho de que se encuentren con el rumen lleno o vacío en el momento en que se pesa, produce variaciones como estas en el resultado final. Como afirman Hafez y Dyer (1992, 122), la suma de efectos del medio ambiente sobre el consumo de alimentos, utilización de la energía y metabolismo de la proteína se reflejan en el peso del animal.



**Figura 8. Incremento de peso promedio en cada tratamiento experimental (g/animal/día)**

Los mismos autores, manifiestan que el incremento de peso suele utilizarse para valorar la respuesta de los animales ante una amplia gama de dietas, ambientes y prácticas de manejo. Sin embargo, hay diversos factores que oscurecen la exactitud del peso vivo, entre ellos la variación en el contenido del tracto gastrointestinal y de la vejiga, adaptación de los animales a condiciones experimentales, y errores subjetivos como frecuencia y momento en que se pesa y exactitud de las balanzas (Hafez y Dyer, 27).

En general se considera que existe una limitante en el diseño experimental, ya que por tratarse de bovinos, se emplea un reducido número de animales, aspecto este que no permite hacer un cálculo más preciso con un menor error experimental.

Por otra parte, Koeslang (74) anota que una pérdida de peso vivo de 40 kg en la lactancia temprana puede ser considerada como normal para una vaca de producción media, pérdidas mayores pueden indicar una alimentación deficiente; vacas de altas producciones pueden perder hasta un kilogramo por día.

Finalmente, en el cuarto periodo, cuando la producción de leche descendió, se halló que los incrementos de peso fueron del orden de los 1500 gramos

diarios en adelante, el mayor incremento fue para el tratamiento quillotocto, seguido por el testigo y finalmente la acacia y el sauco.

Este incremento se produce como respuesta al descenso en la producción láctea, que se acentuó más durante este periodo. Los animales al descender la producción, utilizan sus reservas y tejido corporal para ganar peso (Broster, 1992,113).

Así resulto que en el estudio de la condición corporal de las vacas al concluir el periodo cuarto, esta fue superior al primero. Al respecto, Pedron (1999, 137), afirma que las vacas con alta capacidad de producción, que reciban la cantidad justa de energía, ganan rápidamente el peso perdido, mejoran el grado de condición corporal y producen leche con tenores de grasa y proteína correctos.

También, se debe tener en cuenta que las variaciones normales en el peso son un factor que no tiene relevancia en animales lecheros, dado que estos tienden a perder peso o mantenerlo constante. Los cálculos de incremento de peso y crecimiento para animales destinados a la producción de alimentos mediante formula matemática pueden valorarse objetivamente y posee gran importancia económica en los animales productores de carne (Hafez y Dyer, 455).

## 6.5 PRODUCCION DE LECHE.

La producción promedio de leche en los cuatro grupos experimentales osciló entre 11,7 y 12,5 kg/animal/día, obteniéndose la mayor producción con el grupo que recibió el suplemento con harina de sauco (12,5 kg/animal/día); seguido por el tratamiento con harina de quillotocto, (12,4 kg/animal/día); finalmente el tratamiento testigo y el tratamiento con acacia, con los que se obtuvo la menor producción (12,1 y 11,7 kg/animal/día respectivamente). La producción total y promedio de leche se observa en la Tabla 12.

El análisis de varianza mostró que estas diferencias no son significativas; lo que demuestra que ninguna de las dietas influyó negativamente sobre la producción de leche (Tabla 1 del anexo C).

de mayor digestibilidad que otros, tal parece que tratándose de los árboles forrajeros, los que poseen dificultad para degradarse en el rumen podrían ser absorbidos en el intestino delgado; haciéndolos igualmente asimilables. Por lo tanto la respuesta en la producción de leche es la misma y no refleja las bondades de un alimento sobre otro.

La producción de leche en los cuatro periodos experimentales se mantuvo constante, y de acuerdo con el análisis de varianza, tampoco hubo diferencias significativas en la producción entre periodos. En la Tabla 13 se presentan las producciones de leche por periodos y por tratamientos.

**Tabla 12. Producción total y promedio de leche de vacas suplementadas con las dietas experimentales.**

<b>Producción</b>	<b>Tratamientos</b>			
	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
<b>Total</b>	49,36	50,48	50,28	48,27
<b>Promedia</b>	12,10	12,50	12,40	11,70

**Tabla 13. Producción promedio de leche por tratamiento de vacas alimentadas con ensilaje de avena y suplemento, en cada periodo experimental (kg/animal/día).**

Periodos	Animales			
	A	B	C	D
1	13,10(T1)	12,24(T2)	13,87(T3)	12,21(T4)
2	11,43(T2)	11,47(T3)	13,10(T4)	12,82(T1)
3	11,80(T3)	11,63(T4)	12,97(T1)	14,10(T2)
4	11,33(T4)	10,47(T1)	12,71(T2)	13,14(T3)

El hecho de que no se presente un efecto significativo en este tercio de la lactancia, pudo deberse a la característica de esta etapa, regulada más por principios fisiológicos que por efectos nutricionales. La respuesta obtenida coincide con la reportada en la literatura para la curva de lactancia (Figura 2 del Anexo C).

Sin embargo la producción de leche en esta etapa fue superior a la obtenida en lactancias anteriores en las que se encontraron promedios de producción bajos (11 kg/animal/día). Esto podría estar relacionado con una mayor eficiencia del alimento consumido.

Las bajas producciones obtenidas no corresponden a las esperadas para vacas con un grado de consanguinidad alto, esto puede deberse a que las condiciones de producción en el trópico son más adversas que en países de ganadería desarrollada. En estudios realizados en Brasil, utilizando diversos grupos raciales (Holstein puros y cruzados con diferentes grados de consanguinidad, 31/32, 15/16, 7/8, y 3/4), encontraron que los valores para producción de leche no se distanciaron tanto uno del otro, confirmando otros trabajos cuyos resultados tampoco detectaron diferencias en la producción de leche de vacas con distintos grados de consanguinidad (Riveros y Machado, 1981, 102). De lo anterior se deduce que aunque las vacas posean un alto porcentaje de sangre Holandesa, en el trópico difícilmente obtendrán producciones elevadas.

Estas respuestas en la producción lechera de vacas Holstein de alto mestizaje, se relacionan con diversos componentes que intervienen dentro de su hábitat, y que de alguna manera no permiten que su potencial genético se manifieste. Rivera (133) asegura que entre los factores relacionados con la producción de leche están: peso, edad, nutrición, fecha de parto, clima, buen estado de carnes al parto y administración general del hato, los cuales repercuten en toda la vida productiva de la vaca.

Por otro lado, la vida productiva de estas vacas en el trópico, suele ser más larga que las vacas en los países de clima templado. Neiva, citado por Riveros y Machado (104) sugiere que a pesar de una producción elevada para estas vacas, se sigue una o dos más, la segunda ya de franca recuperación; haciendo suponer que en las condiciones en que son criadas las vacas no tienen forma de soportar sucesivas y elevadas producciones.

Uno de los objetivos primordiales de la ganadería lechera, es lograr una producción rentable de las vacas durante varias lactancias; los dos componentes fundamentales de la ganancia monetaria por vida, son el valor de la producción y la duración de la vida productiva (Ponce y Guzman, 1993, 17).

## **6.6 COMPOSICION DE LA LECHE.**

Respecto a los componentes de la leche, la grasa fue la que mayor variación presento en todos los tratamientos, y de estos el que mayor porcentaje de

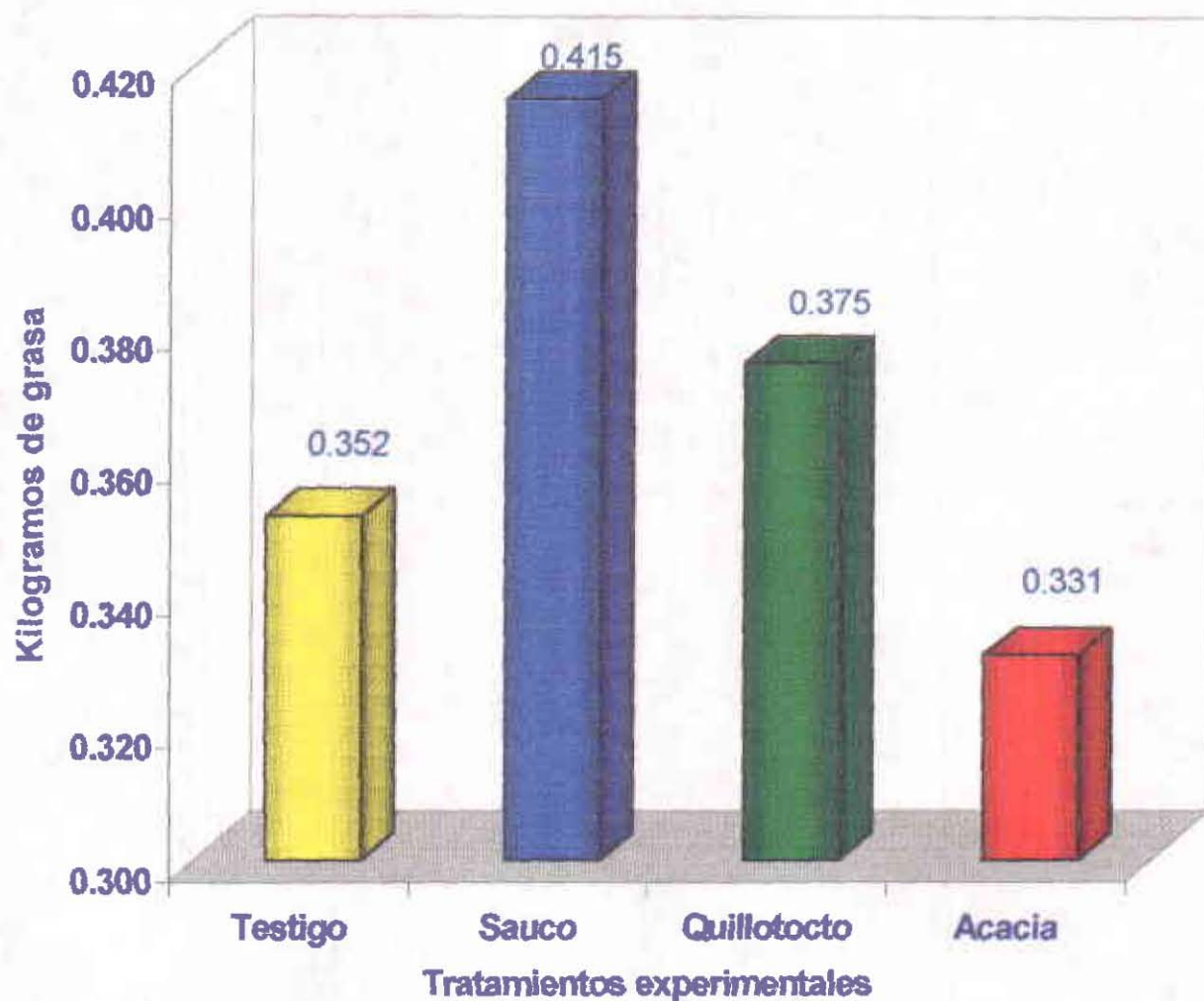
grasa presento fue el sauco (3,32), seguido por el quillotocto (3,03), finalmente el testigo (2,91) y la acacia con el menor promedio (2,83). En cuanto a los sólidos totales también se observo el mayor contenido para el sauco y en orden descendente le siguieron el quillotocto, testigo y acacia (Tabla 14).

Sin embargo los análisis estadísticos demuestran que las diferencias respecto al contenido de grasa y sólidos totales no son significativas al igual que para la proteína, sólidos no grasos y lactosa (Tabla 2,3,4,5,6,7, del Anexo C). con esto se puede concluir que la adición de follaje arbóreo al suplemento no afecto negativamente el contenido de los componentes de la leche.

La importancia económica que poseen los constituyentes de la leche, especialmente la grasa y la proteína, representan una base fundamental en la dieta de la vaca lechera. Es por esto que se repara en los resultados obtenidos con el sauco, el cual indujo a un mayor nivel de grasa en la leche; al estimar los kilogramos de grasa por producción de leche, con el sauco se alcanza un total de 0,415 kg de grasa; seguido por el quillotocto con 0,375 kg y finalmente el testigo y la acacia con 0,352 y 0,331 kg respectivamente (Figura 9).

**Tabla 14. Composición promedio de la leche de vacas suplementadas con árbol forrajero.**

	GRUPO			
	1 Testigo	2 Sauco	3 Quillotcto	4 Acacia
<b>Densidad</b>	1,0291	1,0289	1,0288	1,0288
<b>Solidos totales</b>	10,77	11,21	10,81	10,58
<b>Solidos no grasos</b>	7,86	7,89	7,78	7,75
<b>Grasa</b>	2,91	3,32	3,03	2,83
<b>Proteína</b>	2,84	2,89	2,83	2,75
<b>Lactosa</b>	4,83	4,81	4,84	4,82



**Figura 9. Kilogramos de grasa por producción de leche en los tratamientos experimentales.**

Es posible que tal efecto producido por el sauco, este relacionado con su contenido de extracto etéreo, superior a los demás tratamientos. Además en un análisis fitoquímico realizado por Sanabria (1993) encontró que el sauco posee en su composición grasa ácido palmitico. Rivera (53), expresa que las grasas saturadas son recomendables por su alto contenido de palmitico, ya que aumenta la grasa en la leche.

Maynard, et al (541) asegura que hay ciertos alimentos o combinaciones de ellos que tienen efectos prácticos para reducir o aumentar el contenido graso de la leche. Alimentos ricos en grasa como la soya, la pasta de coco o la harina de almendras, producen incrementos en el contenido de grasa, por el contrario la ingesta limitada de forraje y la excesiva ingesta de concentrados puede dar como resultado porcentajes anormales bajos de grasa es decir entre 1 y 2.

Asimismo, Sutton, citado por Campabadall (97) afirma que de todos los componentes de la leche, el porcentaje de grasa es el más variable y el que más cambios sufre por efecto genético, fisiológico y nutricional. Mientras tanto Bondi (450), manifiesta que el contenido de grasa varía considerablemente durante el ordeño, entre ordeños, a lo largo de la lactación, estacionalmente y con el clima.

Por otro lado Miller (1989, 75) declara que la composición de la leche se ve afectada por muchos factores nutricionales y no nutricionales, los más importantes, relacionados con altas producciones de leche, son: la raza, variaciones individuales dentro de cada raza y etapa de la lactancia. Otros factores incluyen sanidad, variación diaria y edad de la vaca

De igual manera Campabadall (91) anota que el porcentaje de los componentes de la leche, puede ser cambiado por dos sistemas generales: el mejoramiento genético y el factor ambiental. Dentro de los factores ambientales el único que en forma practica puede cambiar la cantidad de componentes de la leche, es el manejo alimenticio. La concentración de grasa puede variar en un rango hasta de tres unidades por medio de la manipulación de la dieta. En contraste, el contenido de lactosa no se cambia y el de proteína puede variar hasta en 0,6 unidades.

La información reportada en la literatura acerca de los efectos de algunos árboles forrajeros sobre el contenido de los constituyentes de la leche, no revela ningún efecto positivo. Oviedo (1995, 4) encontró que el uso de morera en la dieta no afecto el contenido de grasa, proteína y sólidos totales. Así mismo Esquivel (1996, 3) al reemplazar el 75% del concentrado por follaje de morera como suplemento, tampoco encontró efectos apreciables sobre la calidad de la leche.

En otra observación hecha por Jordan, Mejias y Ruiz (1991, 1), en un trabajo con leucaena leucocephala, detectaron que aunque los niveles de consumo sobrepasen el 50% de la dieta, la calidad de la leche no sufre variación, en solidos totales, porcentaje de proteína cruda y porcentaje de grasa.

Diversos trabajos coinciden en que el follaje de árboles y arbustos posee una baja tasa de degradabilidad ruminal, Campabadall (103) declara que una cantidad insuficiente de proteína degradable en el rumen, puede resultar en una reducción en la producción de grasa, cuando la concentración de amonio ruminal no es suficiente para estimular el crecimiento de los microorganismos que digieren la fibra. El factor que más afecta la grasa es una inadecuada proporción del material fibroso, relativo a la cantidad de carbohidratos fermentables. Esta situación produce reducción en la producción microbial de precursores de grasa, que son el ácido acético y el butírico, y un aumento en la producción de ácido propiónico. Esta situación produce el llamado "Síndrome de baja producción de grasa".

## **6.7 ANALISIS ECONOMICO.**

Al hacer la evaluación económica del uso de follaje arbóreo en la suplementación de vacas Holstein, se encontró que el mayor beneficio neto parcial fue de 2245,2 y 2195,0 superior para los grupos consumiendo

suplemento con sauco y quillotocto respectivamente. El grupo consumiendo acacia presento beneficio neto parcial de 1965,9 superior al grupo testigo con 1962,1 (Tabla 15).

Al observar el análisis, para presupuestos parciales, desde el punto de vista económico, las vacas que consumieron el suplemento con sauco presentaron los mejores resultados, lo cual es efecto del menor costo del kilogramo de suplemento y la mayor producción de leche. La elaboración de este suplemento es menos costosa, debido a una menor utilización de Torta de soya, el ingrediente proteico más caro de la dieta y el sauco por su alto contenido de proteína reduce el nivel de inclusión de este ingrediente (Tabla 1 y 2 del Anexo D).

Los resultados en suplementación muestran que la inclusión de los materiales evaluados en el suplemento de vacas lactantes, si repercute favorablemente en los rendimientos económicos debido al bajo costo de los nutrientes aportados.

A este respecto, Camero (39) ratificó las ventajas de incluir como suplemento los árboles forrajeros, pues si bien las harinas de pescado y de soya inducen a mayores producciones de leche, el costo por litro es muy superior.

**Tabla 15. Análisis de presupuestos parciales de vacas Holstein alimentadas con ensilaje de avena y suplementadas con las dietas experimentales (\$/animal/día).**

Costos	Grupo			
	1 Testigo	2 Sauco	3 Quillotocoto	4 Acacia
Ensilaje de avena <sup>1</sup>	1215,0	1212,5	1220,0	1232,5
Suplemento <sup>2</sup>	1481,4	1354,8	1359,0	1406,1
<b>Total costos parciales</b>	<b>2696,4</b>	<b>2567,3</b>	<b>2579,0</b>	<b>2538,6</b>
<b>Ingresos</b>				
Producción leche kg/animal/día	12,1	12,5	12,4	11,7
<b>Total ingresos parciales</b>	<b>4658,5</b>	<b>4812,5</b>	<b>4774,0</b>	<b>4504,5</b>
<b>Beneficio neto parcial</b>	<b>1962,1</b>	<b>2245,2</b>	<b>2195,0</b>	<b>1965,9</b>

1 Ensilaje de avena \$ 25/kg F.V.

2 Suplemento 1=\$493,8/kg; Suplemento 2=\$451,6/kg; Suplemento 3=\$453,0/kg; Suplemento

3 Leche = \$385,0/kg

El desarrollo de sistemas económicamente viables en el trópico, como lo son los árboles forrajeros en sus diferentes usos, permite disminuir costos y ser una vía de equilibrio en la ecología de pequeños, medianos y grandes ganaderos.

De otro lado, el establecimiento de los sistemas silvopastoriles tiene un bajo costo, por lo que resulta muy rentable y contribuyen de manera importante al mejoramiento de los hatos ganaderos, precisamente en las épocas del año cuando la disponibilidad de forraje es extremadamente bajo y se tiene que recurrir al suministro de concentrados para suplir parte de las necesidades nutricionales, lo que trae como consecuencia un incremento en los costos de la explotación, este se ha convertido en uno de los principales problemas de los sistemas ganaderos productores de leche en clima frío de Colombia. En la Tabla 3 del Anexo D, se describen los costos del establecimiento de los tres árboles forrajeros.

Además los costos de mantenimiento también son bajos, permitiéndole al productor obtener beneficios a largo plazo, ya que una vez estén implantados (con una altura adecuada de 1,50 centímetros, alcanzada entre los 18 y 24 meses), no requieren ningún tipo de laboreo, con lo cual se compensa la inversión en tiempo y dinero (Tabla 4 del Anexo D). También es importante mencionar que cuando el árbol alcanza la altura adecuada se pueden sembrar en los callejones otros cultivos como frijol, maíz, etc, de manera que se pueda

obtener algún provecho económico. Por otro lado, la acacia, el sauco y el quillotocto, en su orden, presentaron una buena tasa de crecimiento y una producción de biomasa aceptable (Tabla 5 del Anexo D). Pese a que poseen un periodo de recuperación largo, (entre tres y seis meses, dependiendo del manejo que se le de), los árboles proveen cantidades importantes de alimento, permitiendo mejoras a largo plazo, en la economía de la explotación.

El análisis del papel que juegan las plantas arbóreas y arbustivas debe ser integral, es decir, es necesario considerar en conjunto los servicios prestados y los productos ofrecidos por estas especies a las explotaciones ganaderas (conservación de suelos, provisión de sombra, cercas vivas, control de vientos, producción de postera, leña y madera, etc.).

## 6. PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS

### 6.1 CONSUMO DE ALIMENTO

**6.1.1 Consumo de follaje fresco de árbol.** Se encontró que el consumo de árbol forrajero fue mínimo durante el primer día, y se fue incrementando hasta alcanzar un consumo promedio de 4,8 kg para el sauco; de 3,6 kg para el quillotocto y 4,1 kg para la acacia, durante seis horas al día (Tabla 3). Se obtuvo el mayor consumo con el sauco; su alta digestibilidad, textura más suave y su mejor sabor, probablemente lo hicieron más aceptable que el quillotocto y la acacia (Figura 4).

Estos resultados indican que para incluir forraje arbóreo en la alimentación de rumiantes se necesita de un periodo de acostumbramiento, antes de llevarlos a un sistema de silvopastoreo. De acuerdo con Foidi, Mayorga y Vasquez (1996, 10), cuando se inicia la alimentación con árboles forrajeros es posible requerir de un periodo de adaptación, mezclándolo con otros alimentos que se le ofrece al ganado, como la melaza o la sal mineralizada.

**7.1.4** El quillotocto y la acacia, poseen un potencial para aumentar la proteína sobrepasante de la dieta, de manera que al ser suministrados en conjunto con las pasturas, sirven de protección al unirse a la proteína de fácil degradación, permitiendo mejor aprovechamiento de los nutrientes. La protección de la proteína da como resultado un incremento en el aporte de aminoácidos al animal hospedador.

**7.1.5** Los resultados sobre el consumo infieren que existe dos comportamientos respecto al consumo de los árboles forrajeros en los rumiantes, uno como suplemento, manifestando buena aceptación y otro como forraje verde, con un consumo adecuado tanto en estabulación como en silvopastoreo, esto permite que se suministre tanto como forraje verde o como harina formando parte de un suplemento.

**7.1.6** Los árboles forrajeros no influyeron significativamente sobre las producciones, ni la calidad de la leche, sin embargo son múltiples los servicios prestados y los productos ofrecidos por estas especies a las explotaciones ganaderas (conservación de suelos, fijadores de nitrógeno, controlan la erosión, cercas vivas, provisión de sombra, control de vientos, producción de postera, leña y madera, etc.).

**7.1.7** El Sauco, Quillotocto y la Acacia se constituyen en una alternativa para establecer sistemas silvopastoriles en clima frío, ya que estas especies mostraron buena adaptación a las condiciones edafoclimáticas en la zona estudiada, representada por una buena tasa de crecimiento y una producción de biomasa aceptable.

**7.1.8** Los resultados en suplementación indicaron que la inclusión de follaje de los árboles forrajeros en el suplemento de vacas lecheras, no tienen efecto adverso sobre los rendimientos productivos de los animales, sin embargo si repercute favorablemente en los rendimientos económicos debido al bajo costo de los nutrientes aportados, en los niveles usados en este ensayo.

**7.1.9** Estas plantas arbustivas presentan muchas ventajas de tipo nutricional, económico, social, técnico y ambiental, para formar parte de diferentes sistemas adaptables a las condiciones tropicales, que los hace muy favorables para ser incluidos como factor importante en los sistemas de alimentación.

**7.1.10** el pequeño y mediano productor podrían obtener mayores beneficios económicos al usar los árboles como cercas vivas, producción de leña y postera, además de utilizar su follaje en la alimentación de animales.

**7.1.11** Los tres árboles forrajeros por las características nutricionales encontradas, se perfilan como un recurso forrajero promisorio para la zona de vida bosque seco montano bajo.

## **7.2 RECOMENDACIONES**

**7.2.1** Evaluar el comportamiento agronómico, de estas especies forrajeras, incluyendo sistemas de establecimiento, producción de follaje con diferentes frecuencias de corte y dinámica de nutrientes entre planta y suelo.

**7.2.2** Sería de mucha importancia determinar las cantidades de alimento que proporcionan tanto los árboles como las pasturas que intervienen en el sistema silvopastoril, con el fin de conocer la capacidad de carga que tolera este sistema y las enfermedades y plagas que pueden atacarle como cultivo.

**7.2.3** Realizar ensayos que permitan calcular el consumo de follaje de árbol forrajero en condiciones de silvopastoreo, con el fin de determinar los niveles máximos de inclusión en la dieta, en bovinos de leche.

**7.2.4** Es fundamental conocer los efectos que puede producir la inclusión de mayores niveles de harina de follaje de estas especies en la dieta de vacas lecheras, especialmente sobre la composición de la leche.

**7.2.5** Estas especies deben evaluarse en dietas con otros componentes y en otros estados fisiológicos del animal con el fin de aumentar la gama de información para el productor que le permita tomar sus propias decisiones sobre suplementación.

**7.2.6** Para mejor utilización del material forrajero que proveen los árboles, es necesario realizar un análisis fitoquímico que cualifique y cuantifique los principios activos que poseen, incluyendo sustancias fenólicas, sustancias tóxicas y ácidos grasos que componen el extracto etéreo.

**7.2.7** Con el fin de mejorar los balances nutricionales para el animal, se recomienda hacer un ensayo, utilizando el sistema de determinación de nitrógeno uréico en leche y el nitrógeno uréico en sangre (MUN y BUN), de vacas alimentadas con follaje arbóreo, con el fin de establecer la eficiencia de la proteína aportada y estimar si la relación energía:proteína producida en el rumen es adecuada.

**7.2.8** Es conveniente hacer investigaciones sobre la utilización de follaje arbóreo, como parte de la alimentación en otras especies animales de utilidad para el hombre, con el fin de observar los efectos de estas fuentes alimenticias sobre los rendimientos productivos de los animales; de manera que se pueda obtener mayor información sobre sus bondades y limitantes.

**7.2.9** Estudiar otros sistemas integrales de explotación, en los que pueden participar los árboles forrajeros, como los sistemas agrosilvopastoriles.

## 8. RESUMEN

El trabajo de investigación " Evaluación de tres especies de árboles forrajeros en la alimentación de vacas Holstein en el trópico alto de Nariño", se desarrollo en las instalaciones del Grupo Regional Pecuario, del centro de investigación Obonuco, municipio de Pasto. Localizado a 1° 13' latitud norte y 77° 16' longitud oeste, a una altura de 2720 msnm, presenta una precipitación promedio anual de 848 mm y una temperatura promedio de 13°C y se clasifica como zona de vida bosque seco montano bajo.

El ensayo consistió en la elaboración de una harina de cada uno de los árboles: sauco, quillotocto y acacia, la cual se uso como ingrediente de un suplemento elaborado con trigo molido, torta de soya y melaza, con un contenido de proteína de 16%, del cual el 30% lo aporta el árbol y 4,4 megacalorías de energía bruta. Se utilizaron cuatro tratamientos de la siguiente manera :

Tratamiento 1= 78% trigo molido, 14% torta de soya y 8% melaza.  
Tratamiento 2= 62,8% trigo molido, 7,5% torta de soya, 8% melaza y 21,17% de harina de Sauco. Tratamiento 3 = 39,4% trigo molido, 13,6% torta de soya, 8% melaza y 39% de harina de Quillotocto. Tratamiento 4 = 52,2% trigo molido, 10% torta de soya, 8% melaza y 28,8% de harina de Acacia. Se suministro 3

Para este experimento se utilizaron cuatro vacas de raza Holstein mestizo, de cuarta lactancia, con promedio de producción de 14 litros de leche/animal/día, y peso promedio de 543 kg. Los animales se alojaron en un establo de jaulas individuales de 3 x 2 metros, cubierto por un techo de Zinc y con piso de concreto; cada jaula provista de comedero y bebedero.

Los resultados del trabajo destacan que los árboles forrajeros fueron aceptados adecuadamente, con un promedio de consumo de 4,8, 3,6 y 4,1 kg/animal para sauco, quillotocto y acacia respectivamente, en semiestabulación. El ensilaje de avena tuvo un consumo promedio de 48,7 kg/animal/día. Los suplementos fueron consumidos completamente ya las harinas de los árboles no afectaron la palatabilidad de la ración.

En relación con el valor nutritivo, el follaje de los árboles presentaron niveles de proteína relativamente altos (23,8%, 13,1% y 17,8% para sauco, quillotocto y acacia respectivamente); en cuanto a la fibra el sauco presentó un porcentaje bajo de 19,4% lo que lo hace más digestible, como se comprobó en el análisis de degradabilidad ruminal que se hizo con los suplementos, en contraste el quillotocto presentó un nivel de 41,25% y la acacia 39,19% de FDN, alcanzando una menor tasa de degradabilidad, posiblemente por presencia de taninos que contribuyen con proteína sobrepasante. Respecto a la composición mineral, se encontró que estos árboles son buenas fuentes de calcio, fósforo y magnesio, importantes minerales para ganado lechero.

En cuanto a la producción y composición de la leche, se encontró que las dietas no provocaron cambios significativos en producción de leche. se obtuvo el mayor promedio con el grupo suplementado con sauco (12,6 kg/animal/día), seguido por el quillotocto (12,5 kg/animal/día), por ultimo la acacia (11,7 kg/animal/día); siendo inferior al grupo testigo (12,1 kg/animal/día). En los análisis de los constituyentes de la leche se encontró que el uso de arboles forrajeros en la dieta, no afecto el contenido de grasa, proteína, lactosa, sólidos no grasos y sólidos totales.

En el análisis económico se determinó que el sauco presento el mayor beneficio neto parcial (14,4%), en relación con el testigo ; seguido por el quillotocto (11,9%). El grupo con acacia presento un beneficio neto parcial inferior al grupo testigo (4,9%). Los resultados muestran que la inclusión de arboles en el suplemento de vacas lactantes, no tiene efecto adverso sobre los rendimientos. Sin embargo repercute favorablemente en los rendimientos económicos debido al bajo costo de los nutrientes aportados y a que sustituye elementos exógenos al sistema de producción

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

APRAEZ, Edmundo. Fisiología gastrointestinal de rumiantes. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, 1995. 113 p.

APRAEZ, Edmundo. El análisis químico de los alimentos. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, 1994. 165 p.

ARISTIZABAL, Jaime. Despertar lechero. Santafé de Bogotá, Colombia. 2000. pp. 21-22.

BENAVIDES, Jorge. Utilización de Morera en sistemas silvopastoriles de producción animal. Turrialba, Costa Rica, Universidad de Yucatan, 1995. 3 p. (Consulta vía Internet, URL: [www.connix.com](http://www.connix.com)).

BENAVIDES, Oscar y RIVERA, Julio. Determinación del nivel tecnológico del ganado Holstein en la zona sur del Departamento de Nariño. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, Vicerrectoría de Investigaciones, Postgrados y Relaciones Internacionales, 1993. 83 p.

BERLIJN, Johan y BERNARDON, Abel. Cultivos forrajeros. México, Trillas, 1996. 80 p.

BONDI, Aron. Nutrición animal. Zaragoza, España, Acribia, 1988. 545 p.

BROSTER, W. Estrategia de alimentación para vacas lecheras de alta producción. Chapingo, México, AGT, 1992. 382 p.

CAMERO, Alberto. Uso del follaje de las leguminosa arbóreas en la producción de carne y leche de bovinos. Turrialba, Costa Rica, Agroforesteria de las Américas, 1995. 73p.

CAMERO, Alberto. Evaluación del poro (*Erythrina poeppigiana*) y madero negro (*Gliricidia sepium*) como suplementos proteicos para vacas lecheras alimentadas con jaragua (*Hyparrhenia rufa*). Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, 1991. 91 p.

CAMPABADALL, Carlos. Factores que afectan el contenido de sólidos de la leche En: Memorias del Segundo Seminario Internacional sobre calidad de leche, competitividad y proteína. Medellín, Colombia, Colanta, 1999. pp. 22- 23.

CARDONA, Maria y SUAREZ, Senen. Alternativa para una ganadería moderna y competitiva. Colombia, Ministerio de Agricultura y Desarrollo rural, 1996. 128 p.

CARPENTER, James. Efecto de la edad del pasto kikuyo en su digestibilidad. En: Memorias del segundo seminario internacional sobre calidad de leche, competitividad y proteína. Medellín, Colombia, Colanta, 1999. pp. 24-28.

CARULLA, Juan. De la proteína del forraje a la proteína en la leche. Metabolismo del nitrógeno en el metabolismo de la vaca lechera, En: Memorias del segundo seminario internacional sobre calidad de leche, competitividad y proteína. Medellín, Colombia, Colanta, 1999. pp.10-15.

CENTRO DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA EN PASTOS Y FORRAJES. La transferencia necesaria. En: Boletín del Centro de Transferencia de Tecnología en pastos y forrajes. Caracas, Venezuela, Fundación Polar, 1998. 4 p. (Consulta vía Internet, URL: [www.redtiaf.com](http://www.redtiaf.com).)

CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACION DEL CAFÉ (CENICAFE). Avances técnicos. Chinchina, Colombia, Color Gráficas, 1995. 246 p.

CONVENIO INTERINSTITUCIONAL PARA LA PRODUCCION AGROPECUARIA DEL VALLE DEL RIO CAUCA (CIPAV). Agroforestería. (Conferencias electrónicas) Cali, Colombia, 1998. 220 p.

CORPORACION COLOMBIANA DE INVESTIGACION AGROPECUARIA (CORPOICA). Manejo de suelos en minifundios de ladera de la región Andina mediante la rotación de cultivos establecidos en franjas a nivel. Pasto, Colombia, Produmedios, 1998. 64 p.

CORPORACION COLOMBIANA DE INVESTIGACION AGROPECUARIA (CORPOICA). Compendio alternativas no convencionales para la nutrición de rumiantes. Pasto, Colombia, Produmedios, 1994. 300 p.

CHURCH, D. El rumiante: fisiología digestiva y nutrición, México, Acribia, 1988. 580 p.

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

DAVILA, Carlos. Leguminosas arbóreas. Maracaibo, Venezuela, Universidad de los Andes, 1998. 2 p. (Consulta vía Internet, URL: [www.redtiaf.com](http://www.redtiaf.com).)

DE LA ROSA, Alberto. El manto de la tierra. Santa Fe de Bogotá, Colombia, Lerner, 1990. 330 p.

ESCOBAR, Milagro. Sistemas agroforestales. Santafé de Bogotá, Colombia Instituto de Recursos Naturales, 1993. 136 p.

FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA.

Plantas Forrajeras : proteína varata para el ganado. Santafé de Bogotá, Colombia, 1989. 20p.

FOIDI, Nikolaus; MAYORGA, Leonardo y VASQUEZ, Wilfredo. Utilización del Marango (*Moringa oleifera*) como forraje fresco para ganado. Managua, Nicaragua, Proyecto Biomasa, 1996. 8 p. (Consulta vía internet, URL: [www.biomasa.com](http://www.biomasa.com)).

GARREAU, Gerard. El negocio de los alimentos: las multinacionales de la desnutrición. México, Nueva imagen, 1980. 318 p.

GARCIA, J. Por qué, cómo y hacia donde en la alimentación y manejo de la vaca lechera. En: Memorias del Primer Curso Internacional de Producción Lechera, Buenos Aires, 1983. 14 p. (Mimeografiado).

NARIÑO. Plan de desarrollo agropecuario de Nariño. Pasto, Colombia, Gobernación de Nariño, 1996. 157 p.

HAFEZ, E. y DYER, I. Desarrollo y nutrición animal. Zaragoza, España. Acribia, 1992. 469 p.

IMUEZ, Heliodoro y ROSERO, Eduardo. Estudio de algunos parámetros de producción en hatos lecheros del municipio de Pasto. Tesis Zoot. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, Facultad de Zootecnia, 1984. 85 p.

JORDAN, H., MEJIAS, R. y RUIZ, T. Técnicas para la utilización de *Leucaena leucocephala* como banco de proteína en la producción de leche y hembras en desarrollo en el trópico. La Habana, Cuba, Instituto de Ciencia Animal, 1999. 5p. (Consulta vía Internet, URL: [ica@ceniai.inf.co](mailto:ica@ceniai.inf.co)).

KOESLAG, Johan. Bovinos de leche. México, Trillas, 1996. 110 p.

KU VERA, Juan ; RAMIREZ, Avilés ; JIMENEZ, Ferrer ; ALAYON, Javier; y RAMIREZ, Cancino. Árboles y arbustos para la producción animal en el trópico Mexicano (Conferencia electrónicas). México, FAO, 1996. 122 p.

LASCANO, Carlos. Nutrición animal con énfasis en la utilización de especies forrajeras en la dieta animal. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1998. 3 p. (Consulta vía Internet, URL: [www.redtiaf.com](http://www.redtiaf.com).)

LASCANO, C. y HOLMAN, F. Conceptos y metodologías de investigación en fincas con sistemas de producción animal de doble propósito. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1997. 285 p.

LENG, R; BIRD, S; KLIEVE, A; CHOO, B; BALL, F; ASEFA, G; BRYMBY, P; MUDGAL, V; CHAUDR, U; HARYANO, S. y HENDRATNO, N. The potencial for tree forage supplements to manipulate rumen protozoa to enhance protein to energy ratios in ruminants fed on poor quality forages. In: Legume trees and other fodder trees as protein sources for lives tock. Roma, Italy, Speedy & Pugliese, FAO, 1992. 177 p.

LLOYD, I; MCDONALD, B. y CRAPTON, E. Fundamentos de nutrición. zaragosa, España, Acribia, 1982. 464 p.

MACHADO, Hamilton y RIVEROS Antonio. Causas de Variacao e covariacao de producao de leite I. Fatores ambientes afetando a producao total. En: Arquivos Da Escala de Veterinária de Univerdades Federal de Minas Gerais., Minas Gerais, Brasil, BeloHorizonte, 1981. 216p.

MAYNARD, Leonard; LOOSLI, John; HINTZ, Harold y WARNER, Richard. Nutrición animal. México, McGraw-Hill, 1992. 683 p.

MARTINEZ, Angel y HERRERA, Rolando. Diseño de experimentos con animales fistulados. En: Monografías y manuales en estadística y computo. México, Talleres gráficos de la nación , Vol. 10, No. 2, (Febrero, 1991): 1-22.

MILLER, Jhon. Nutrición y alimentación del ganado vacuno lechero. Zaragoza, España. Acribia, 1989. 92 p.

MONCADA, Emerson y TABORDA, Nelson. La urea de la leche como expresión de la proteína verdadera En: Memorias del segundo seminario internacional sobre calidad de leche, competitividad y proteína. Medellín, Colombia, Colanta, 1999. pp. 22-28.

MONTAGNINI, Florencia. Sistemas agroforestales: principios y aplicaciones en los trópicos. San José de Costa Rica, Organización para estudios tropicales, 1992. 622 p.

MURGUEITIO, Enrique. Los árboles forrajeros como fuente de proteína. En: Memorias del seminario "Sistemas de alimentación y producción animal con recursos tropicales". Santa Fe de Bogotá, Colombia, 1991. 127 p. (Mimeografiado).

MURGUEITIO, Enrique y CALLE, Zoraida. Diversidad biológica en sistemas de ganadería bovina en Colombia. Cali, Colombia, Fundación CIPAV, , 1998. 9 p. (Consulta vía Internet, URL : enriquem @ cipav. org. co.)

MUSLERA, Enrique y RATERA, Clemente. Praderas y forrajes. Madrid, España, Mundi-prensa, 1983. 706 p.

NATIONAL RESEARCH CUONCIL. Nutrient requeriments of dairy cattle. Washington, National Academy of Science, 1989. 60 p.

ORSKOV, E. Nutrición proteica de los rumiantes. Zaragoza, España, Acribia, 1988. 178 p.

OVIEDO, Franco. Morera (*Morus sp.*) en asocio con poró (*Erythrina poeppigiana*) como suplemento para vacas lecheras en pastoreo. Tesis M.Sc. Turrialba, México, CATIE, 1995

PEDRON, Gian. Concentrados para incrementar la proteína láctea En: Memorias del segundo seminario internacional sobre calidad de leche, competitividad y proteína. Medellín, Colombia, Colanta, 1999. 16-20.

PERRIN, Richard; WINKELMANN, Donald; MOSCARDI, Edgardo y ANDERSON, Jock. Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: un manual metodológico de evaluación económica. México, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, 1976. 54 p.

PLATA, Eduardo. La flora de los Andes. Santa Fe de Bogotá, Colombia, Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Ciencias Naturales, 1994. 237 p.

PLATA ,Eduardo y CORREA, Gustavo. Evaluación de los recursos naturales renovables, Santa Fe de Bogotá, Colombia, USTA, 1989. 307 p.

PONCE, Raquel y Guzman Gladys. Relación entre la supervivencia de las vacas y la producción en primera lactancia. En: Revista Cubana de ciencia agrícola. La Habana Cuba, Tomo 27, No. 1, (junio, 1993): 16-17.

PRESTON, Thomas. Limitaciones nutricionales: estrategia para el uso de residuos de cosecha en la alimentación animal. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, 1980. 127 p.

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, Condit, 1989. 312 p.

RIVERA, Julio. Curso de producción de leche. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, 1993. 216 p.

RIVERA, Julio. Producción bovina para leche, Pasto, Colombia, Graficolor, 1997. 137 p.

RODRIGUEZ, P. Fundamentos de silvicultura. Santafé de Bogotá, Colombia, USTA, 1987. 300 p.

SANABRIA, G. Análisis fitoquímico preliminar metodología y su aplicación en la evaluación de 40 plantas de la familia compositae. Santafé de Bogotá Colombia, Universidad nacional de Colombia, 1983. 234 p.

SCHOEDER, Hans. Tratado de obstetricia veterinaria y comparada. Santafé de Bogotá, Colombia, Celsus, 1993. 453 p.

SIMON, Leonel. Utilización de arboles leguminosos en cercas vivas y en pastoreo. Matanzas, Cuba, Estación experimental de pastos y forrajes, 1996. 6 p.

SUTTON, J. Altering milk composition by feeding. En: Journal of dairy science, USA, Vol. 72, No. 10 (Febrero, 1992): 2081- 2071.

TECNOLOGIA INTERNACIONAL DE ARBOLES FORRAJEROS. Nuestro sencillo secreto ecológico , Cuba, Universidad de Zulia, 1998, 4 p.  
(Consulta vía Internet, URL: [www.redtiaf.com](http://www.redtiaf.com).)

TORRENT, Joan. ¿Como mejorar la proteína con una adecuada alimentación?.

En: Memorias del Segundo Seminario Internacional sobre Calidad de Leche, Competitividad y Proteína. Medellín, Colombia, Colanta, 1999. pp. 8-10.

URBINA, Nicolas. Ganado lechero, Santa Fe de Bogotá, UNISUR, 1994. 155 p.

VAN SOEST, P. Nutritional ecology of the ruminant, Oregon, USA. O y B Books, 1982. 374 p.

# **ANEXOS**

**Anexo A. Consumo de materia seca de los grupos experimentales.**

Pag.

Tabla 1. Consumo de materia seca de los grupos experimentales, en cada uno de los periodos.

135

**Tabla 1. Consumo de materia seca de los grupos experimentales por periodos y tratamientos.**

<b>Periodo</b>	<b>Animales</b>			
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
<b>1</b>	13,38(T1)	13,34(T2)	12,98(T3)	13,45(T4)
<b>2</b>	13,40(T2)	13,4(T3)	13,05(T4)	13,38(T1)
<b>3</b>	13,34(T3)	13,61(T4)	13,12(T1)	13,36(T2)
<b>4</b>	13,54(T4)	13,38(T1)	13,31(T2)	12,76(T3)

**Anexo B. Análisis estadístico para la variable consumo total de alimento.**

	Pag.
Tabla 1. Análisis de varianza para la variable consumo de materia seca de los grupos experimentales.	137

**Tabla 1. Análisis de varianza para la variable consumo de materia seca de los grupos experimentales.**

<b>F.V.</b>	<b>G. L.</b>	<b>S. de C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>F.C.</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Periodo</b>	3	0,412250	0,0137417	2,54 <sub>N.S</sub>	0,1523
<b>Vaca</b>	3	0,6527250	0,2175750	40,29**	0,0002
<b>Tratamiento</b>	3	0,0168250	0,0056083	1,04 <sub>N.S</sub>	0,4406
<b>Error</b>	6	0,0324000	0,0054000		
<b>Total</b>	15	0,7431750			

### **Anexo C. Digestibilidad ruminal in situ de los suplementos.**

	Pag.
Tabla 1. Análisis de varianza para la digestibilidad in situ de la materia seca de los suplementos experimentales, a las 12 horas de incubación.	140
Tabla 2. Prueba de Tukey para la digestibilidad in situ de la materia seca de los suplementos experimentales, a las 12 horas de incubación.	141
Tabla 3. Análisis de varianza para la digestibilidad in situ de la materia seca de los suplementos experimentales, a las 24 horas de incubación.	142
Tabla 4. Prueba de Tukey para la digestibilidad in situ de la materia seca de los suplementos experimentales, a las 24 horas de incubación.	143
Tabla 5. Análisis de varianza para la digestibilidad in situ materia seca de los suplementos experimentales, a las 36 horas de incubación.	144
Tabla 6. Prueba de Tukey para la digestibilidad in situ de la materia seca de los suplementos experimentales, a las 36 horas de incubación.	145
Tabla 7. Análisis de varianza para la digestibilidad in situ proteína de los suplementos experimentales, a las 12 horas de incubación.	146
Tabla 8. Prueba de Tukey para la digestibilidad in situ de la proteína de los suplementos experimentales, a las 12 horas de incubación.	147
Tabla 9. Análisis de varianza para la digestibilidad in situ de la proteína de los suplementos experimentales, a las 24 horas de incubación	148

Tabla 10.	Prueba de Tukey para la digestibilidad in situ de la proteína de los suplementos experimentales, a las 24 horas de incubación.	151
Tabla 11.	Análisis de varianza para la digestibilidad in situ de la proteína de los suplementos experimentales, a las 36 horas de incubación	150
Tabla 12.	Prueba de Tukey para la digestibilidad in situ de la proteína de los suplementos experimentales, a las 36 horas de incubación.	151

**Tabla 1. Análisis de varianza para la digestibilidad *in situ* de la Materia seca de los suplementos experimentales, a las 12 horas de incubación.**

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.de C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>F.C.</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Tratamiento</b>	3	1761.6897	587.2299	36.26**	0.0001
<b>Repetición</b>	3	85.5220	28.5073	1.76 <sub>N.S</sub>	0.2244
<b>Error</b>	9	145.7407	16.1934		
<b>Total</b>	15	1992.9523			

**Tabla 2. Prueba de Tukey para digestibilidad *in situ* de la materia seca de los suplementos experimentales, a las 12 horas de incubación.**

	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
	77,40	69,92	59,73	49,59
<b>T4</b> 49,593	27,81*	20,33*	10,14*	0
<b>T3</b> 59,73	17,67*	10,19*	0	
<b>T2</b> 69,92	7,48 N.S	0		
<b>T1</b> 77,40	0			

Comparador ( $p < 0,05$ ) = 8,88

**Tabla 3. Análisis de varianza para la digestibilidad *in situ* de la Materia seca de los suplementos experimentales, a las 24 horas de incubación.**

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.de C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>F.C.</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Tratamiento</b>	3	1276,4571	425,4850	208,87**	3,86
<b>Repetición</b>	3	43,6054	14,5351	1,285 <sub>N.S</sub>	6,99
<b>Error</b>	9	151,9600	8,4423		
<b>Total</b>	15	1396,0440			

**Tabla 4. Prueba de Tukey para digestibilidad *in situ* de la materia seca de los suplementos experimentales, a las 24 horas de incubación.**

	T1	T2	T3	T4
	86,16	78,86	67,75	65,83
T4 65,83	20,33*	13,03*	1,92*	0
T3 67,75	18,41*	11,11*	0	
T2 78,86	7,3 N.S	0		
T1 86,16	0			

Comparador ( $p < 0,05$ ) = 14,97

**Tabla 5. Análisis de varianza para la digestibilidad *in situ* de la Materia seca de los suplementos experimentales, a las 36 horas de incubación.**

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.de C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>F.C.</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Tratamiento</b>	3	791.22465	263.74155	381.48**	0.0001
<b>Repetición</b>	3	1.68890	0.56297	0.81 <sub>N.S</sub>	0.5176
<b>Error</b>	9	6.22235	0.69137		
<b>Total</b>	15	799.13590			

**Tabla 6. Prueba de Tukey para digestibilidad *in situ* de la materia seca de los suplementos experimentales, a las 36 horas de incubación.**

	T1	T2	T3	T4
	90,177	87,655	78,130	72,827
<b>T4</b>				
72,827	17,35*	14,83*	5,30*	0
<b>T3</b>				
78,130	12,05*	9,52*	0	
<b>T2</b>				
87,655	2,52 *	0		
<b>T1</b>				
90,177	0			

Comparador ( $p < 0,05$ ) = 1,8355

**Tabla 7. Análisis de varianza para la digestibilidad *in situ* de la proteína de los suplementos experimentales, las 12 horas de incubación**

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.de C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>F.C.</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Tratamiento</b>	3	2929.1519	976.3840	7.28*	0.0088
<b>Repetición</b>	3	87.4685	29.1562	0.22 <sub>N.S</sub>	0.8818
<b>Error</b>	9	1206.5865	134.0652		
<b>Total</b>	15	4223.2069			

**Tabla 8 Prueba de Tukey para digestibilidad *in situ* de la proteína de los suplementos experimentales, a las 12 horas de incubación.**

	T1	T2	T3	T4
	59,505	55,855	32,648	29,075
T4 29,075	30,43*	26,78*	3,57*	0
T3 32,648	17,67*	10,19*	0	
T2 55,855	7,48 N.S	0		
T1 59,505	0			

Comparador ( $p < 0,05$ ) = 25,56

**Tabla 9. Análisis de varianza para la digestibilidad *in situ* de la proteína de los suplementos experimentales, las 24 horas de incubación**

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.de C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>F.C.</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Tratamiento</b>	3	2929.1519	976.3840	7.28*	0.0088
<b>Repetición</b>	3	87.4685	29.1562	0.22 <sub>N.S</sub>	0.8818
<b>Error</b>	9	1206.5865	134.0652		
<b>Total</b>	15	4223.2069			

**Tabla 10. Prueba de Tukey para digestibilidad *in situ* de la proteína de los suplementos experimentales, a las 24 horas de incubación.**

	T1	T2	T3	T4
	59,505	55,855	32,648	29,075
<b>T4</b> 29,075	30,43*	26,78*	3,57*	0
<b>T3</b> 32,648	17,67*	10,19*	0	
<b>T2</b> 55,855	7,48 N.S	0		
<b>T1</b> 59,505	0			

Comparador ( $p < 0,05$ ) = 25,56

**Tabla 11. Análisis de varianza para la digestibilidad *in situ* de la proteína de los suplementos experimentales, las 36 horas de incubación**

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.de C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>F.C.</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Tratamiento</b>	3	1721.0186	573.6729	145.11**	0.0001
<b>Repetición</b>	3	15.6236	5.2079	1.32 N.S	0.3280
<b>Error</b>	9	35.5802	3.9534		
<b>Total</b>	15	1772.2223			

**Tabla 12. Prueba de Tukey para digestibilidad *in situ* de la proteína de los suplementos experimentales, a las 36 horas de incubación.**

	T1 92,980	T2 88,403	T3 72,488	T4 68,340
T4 68,340	24,64*	20,06*	4,14 <sub>NS</sub>	0
T3 72,488	20,49*	15,91*	0	
T2 88,403	4,57*	0		
T1 92,980	0			

Comparador ( $p < 0,05$ ) = 4,3891

## **Anexo D Curvas de producción y peso corporal en vacas lactantes**

	Pag.
Figura 1. Curva de semanas de lactancia vrs. peso corporal	153
Figura 2. Curva de producción de leche	154

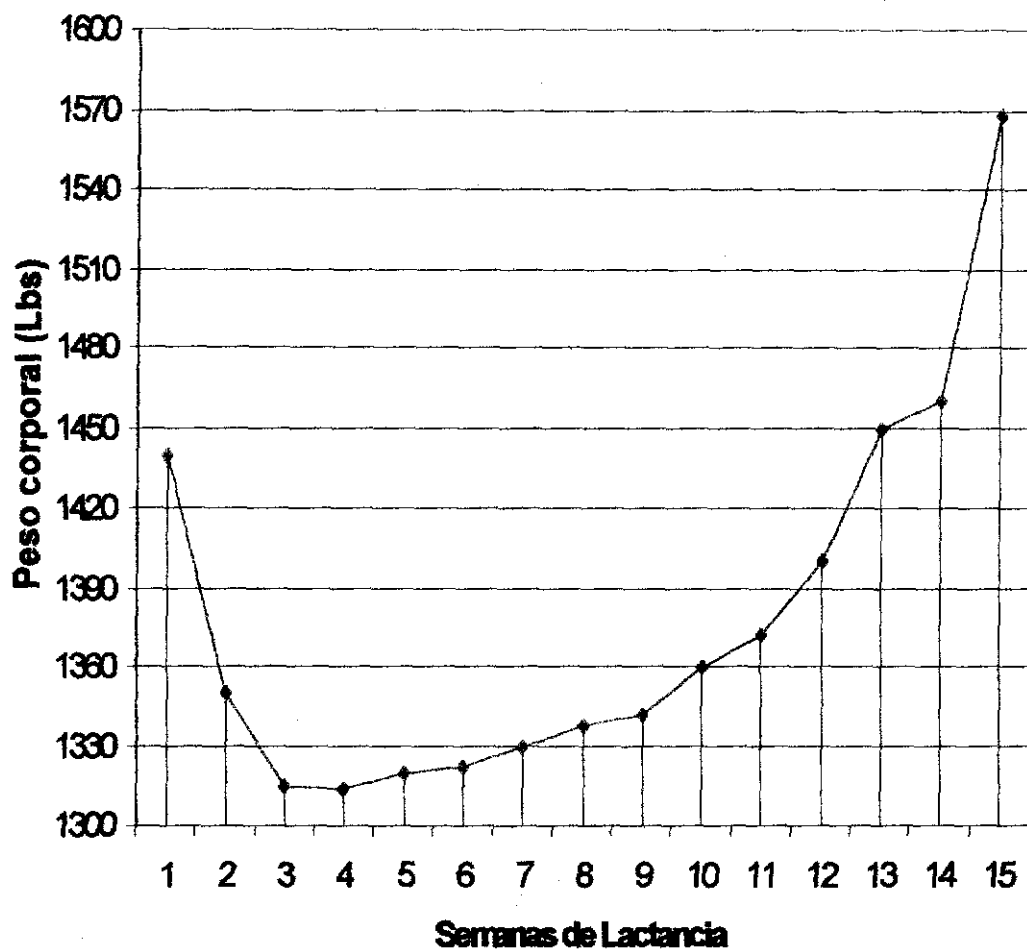


Figura 1. Curva de semanas de lactancia vrs. peso corporal (Aristizabal, 2000, 22).

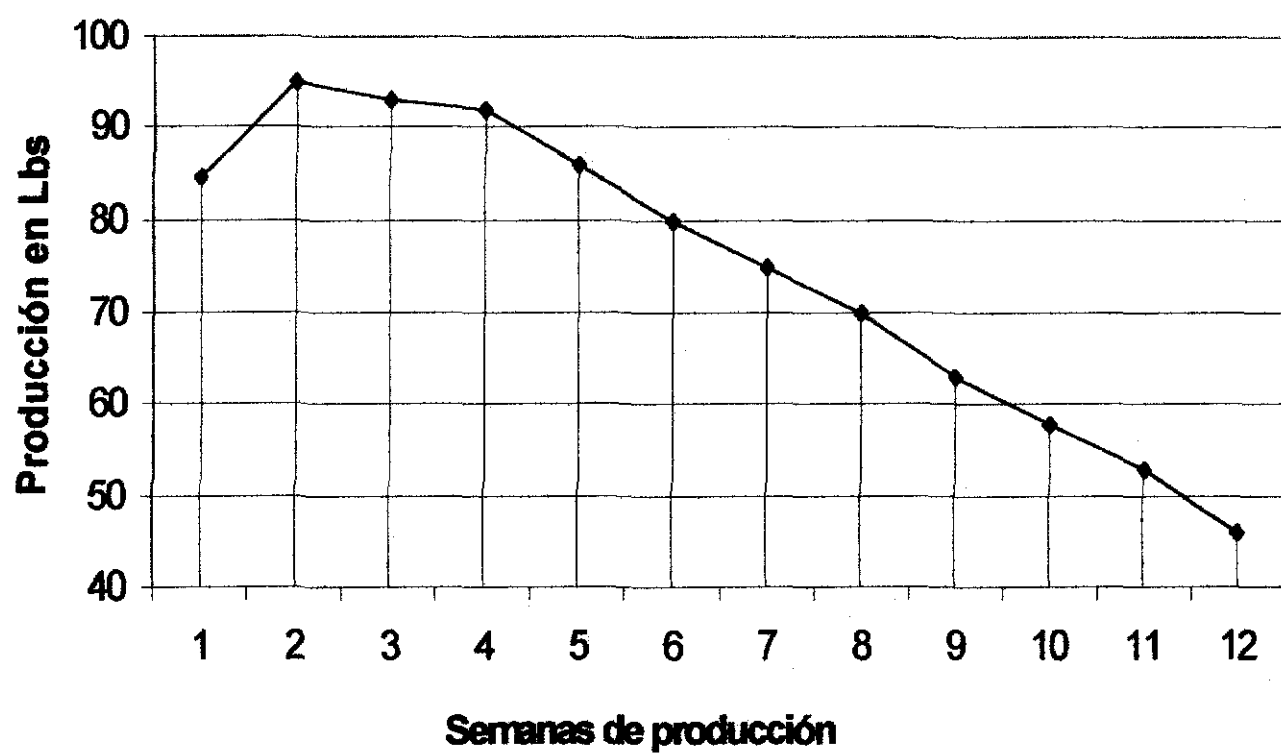


Figura 2. Curva de producción de leche (Aristizabal, 2000, 22).

**Anexo E. Análisis estadísticos para las variable producción y composición de leche de los grupos sometidos a los tratamientos experimentales.**

	Pag.
Tabla 1. Análisis de varianza para la variable producción de leche.	156
Tabla 2. Análisis de varianza para la variable contenido de Grasa.	157
Tabla 3. Análisis de varianza para la variable contenido promedio de Proteína.	158
Tabla 4. Análisis de varianza para la variable densidad promedio.	159
Tabla 5. Análisis de varianza para la variable sólidos totales	160
Tabla 6. Análisis de varianza para la variable contenido promedio de sólidos no grasos.	161
Tabla 7. Análisis de varianza para la variable contenido promedio de Lactosa.	162

**Tabla 1. Análisis de varianza para la variable producción de leche.**

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.de C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>F.c.</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Periodo</b>	3	2,1333187	0,7111062	1,28 <sub>N.S</sub>	0,3626
<b>Vaca</b>	3	8,6397687	2,8799229	5,19	0,0418
<b>Tratamiento</b>	3	0,7658187	0,2552729	0,46 <sub>N.S</sub>	0,7201
<b>Error</b>	6	3,327188	0,554531		
<b>Total</b>	15	14,866094			

**Tabla 2. Análisis de varianza para la variable contenido de grasa.**

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.de C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>F.C.</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Periodo</b>	3	2,8139500	0,9379833	9,66**	0,0103
<b>Vaca</b>	3	0,799500	0,0599833	0,62 <sub>N.S</sub>	0,6285
<b>Tratamiento</b>	3	0,5749500	0,1916500	1,97 <sub>N.S</sub>	0,2194
<b>Error</b>	6	0,5826500	0,0971083		
<b>Total</b>	15	4,1515000			

**Tabla 3. Análisis de varianza para la variable contenido promedio de proteína.**

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.de C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>F.C.</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Periodo</b>	3	0,2595687	0,0865229	3,99*	0,0705
<b>Vaca</b>	3	0,0380688	0,0126896	0,59 <sub>N.S</sub>	0,6465
<b>Tratamiento</b>	3	0,0389188	0,0129729	0,60 <sub>N.S</sub>	0,6393
<b>Error</b>	6	0,1301375	0,0216896		
<b>Total</b>	15	0,4666938			

**Tabla 4. Análisis de varianza para la variable densidad promedio.**

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.de C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>F.C.</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Periodo</b>	3	0,0000101	0,0000034	4,05 *	0,0685
<b>Vaca</b>	3	0,0000007	0,0000002	0,30 <sub>N.S</sub>	0,8247
<b>Tratamiento</b>	3	0,0000004	0,0000001	0,15 <sub>N.S</sub>	0,9260
<b>Error</b>	6	0,0000050	0,000008		
<b>Total</b>	15	0,0000162			

**Tabla 5. Análisis de varianza para la variable contenido de sólidos Totales.**

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.de C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>F.C.</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Periodo	3	1,6019250	0,5339750	3,98 <sub>N.S</sub>	0,0709
Vaca	3	0,3755250	0,1251750	0,93 <sub>N.S</sub>	0,4811
Tratamiento	3	0,8424750	0,2808250	2,09 <sub>N.S</sub>	0,2029
Error	6	0,8058500	0,343083		
Total	15	3,6257750			

**Tabla 6. Análisis de varianza para la variable contenido promedio de sólidos no grasos.**

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.de C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>F.C.</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Periodo</b>	3	0,2301000	0,076700	1,71 N.S	0,2630
<b>Vaca</b>	3	0,0702500	0,0234167	0,52 N.S	0,6823
<b>Tratamiento</b>	3	0,0498500	0,0166167	0,37 N.S	0,7772
<b>Error</b>	6	0,687000	0,0447833		
<b>Total</b>	15	0,189000			

**Tabla 6. Análisis de varianza para la variable contenido promedio de sólidos no grasos.**

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.de C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>F.C.</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Periodo</b>	3	0,2301000	0,076700	1,71 <small>N.S</small>	0,2630
<b>Vaca</b>	3	0,0702500	0,0234167	0,52 <small>N.S</small>	0,6823
<b>Tratamiento</b>	3	0,0498500	0,0166167	0,37 <small>N.S</small>	0,7772
<b>Error</b>	6	0,687000	0,0447833		
<b>Total</b>	15	0,189000			

**Tabla 7. Análisis de varianza para la variable contenido promedio de Lactosa.**

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.de C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>F.C.</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Periodo</b>	3	0,3061500	0,1020500	5,96 <sub>N.S</sub>	0,0313
<b>Vaca</b>	3	0,0718500	0,0239500	1,40 <sub>N.S</sub>	0,3317
<b>Tratamiento</b>	3	0,0056000	0,0018667	0,11 <sub>N.S</sub>	0,9518
<b>Error</b>	6	0,1028000	0,0171333		
<b>Total</b>	15	0,4864000			

## **Anexo F. Análisis de costos**

Tabla 1.	Costos de elaboración de un kilogramo de suplemento con árbol forrajero (\$kg).	164
Tabla 2.	Costo de elaboración de harina de las especies arbóreas (\$/100kg de harina).	165
Tabla 3.	Costo de establecimiento de 100 árboles de quillotocto, acacia y sauco.	166
Tabla 4.	Costos de mantenimiento de una hectárea de árboles de quillotocto, sauco y acacia, hasta alcanzar el desarrollo óptimo (entre 18 y 24 meses).	167
Tabla 5.	Rendimiento de follaje verde con intervalos de corte a 3 y 6 meses (kg/FV/ha/año).	168

**Tabla 1. Costos de elaboración de suplemento con árbol forrajero (\$).**

Ingrediente	Dietas experimentales (\$/kg)			
	Dieta 1	Dieta 2	Dieta 3	Dieta 4
Trigo molido	351.0	239.4	177.3	282.6
Torta de Soya	126.0	90.0	122.4	67.5
Melaza	16.8	16.8	16.8	16.8
Harina de Sauco				101.8
Harina de Quillotocto			136.5	
Harina de Acacia		105.4		
<b>Total</b>	<b>493.8</b>	<b>451.6</b>	<b>453.0</b>	<b>468.7</b>

**Tabla 2. Costo de elaboración de harina de cada una de las especies arbóreas.**

Descripción						
Especie forrajera	Recolección		Molida		Total (\$)	
	cantidad	valor (\$)	cantidad	valor (\$)	100kg	1kg
Sauco	2,5 jornal	15000	3,6 jornales	21000	36000	360
Quillotocto	2,24 jornales	13422	3,6 jornales	21600	35022	350
Acacia	4,22 jornales	25320	3,6 jornales	21600	46920	469

**Tabla 3. Costos de establecimiento de 100 árboles de quillotocto, acacia, y sauco.**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor (\$)</b>
<b>Germinador</b>		
<b>Selección y tratamiento de tierra, arena y semillas</b>	1 jornal	8000
<b>Aplicación de riego (15 días)</b>	1 jornal	8000
<b>Aplicación de fungicida (10cc lorsban)</b>	½ jornal	4000
<b>Fungicida</b>	10cc	1700
<b>Trasplante en bolsa</b>		
<b>Bolsas de polietileno</b>	100	1000
<b>Preparación tierra y llenado de bolsas</b>	2 jornales	16000
<b>Riego y deshierba</b>	3,5 jornales	28000
<b>Siembra en el lote</b>		
<b>Elaboración huecos</b>	2 jornales	1600
<b>Aplicación abono orgánico</b>	1 jornal	8000
<b>Siembra de árboles</b>	1 jornal	8000
<b>Deshierba</b>	3 jornales	24000
<b>Total costos</b>		122700
<b>Valor establecimiento por árbol</b>		1227

**Tabla 4. Costos de mantenimiento de una hectárea de árboles de quillotocto, sauco y acacia, hasta alcanzar el desarrollo óptimo (24 meses).**

<b>Descripción</b>	<b>cantidad</b>	<b>valor</b>
<b>Plateo (2 veces /año/ha)</b>	40 jornales	280000
<b>Poda (1 vez/año/ha)</b>	6 jornales	42000
<b>Total costos/Ha</b>		<b>322000</b>

**Tabla 5. Rendimiento de follaje verde con intervalos de corte a 3 y 6 meses (kg/FV/ha/año).**

Producción de follaje		
Especie	Corte cada 3 meses <sup>1</sup>	Corte cada 6 meses <sup>2</sup>
Acacia	7538	6122
Sauco	16667	13334
Quillotocto	12499	10000

<sup>1</sup> Promedio de 4 cortes/ha/año

<sup>2</sup> Promedio de 2 cortes/ha/año