

VALORACION NUTRITIVA DEL ENSILAJE OBONUCO TRITICALE 98 (*Triticum spp*) Y AVENA (*Avena sativa*) LINEA 15/85 Y CAYUSE EN LA ALIMENTACIÓN DE VACAS HOLSTEIN MESTIZO EN PRODUCCIÓN EN EL ALTIPLANO DE PASTO-COLOMBIA

ALICIA DEL SOCORRO CALPA QUETAMÁ
SANDRA LUSHENY MELO IBARRA

Tesis de trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de
Zootecnistas

Presidente
EDMUNDO APRAEZ GUERRERO
Zootecnista, MSc, PhD

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
PROGRAMA DE ZOOTECNIA
PASTO - COLOMBIA
2003

VALORACIÓN NUTRITIVA DEL ENSILAJE OBONUCO TRITICALE 98 (*Triticum spp*) Y AVENA (*Avena sativa*) LINEA15/85 Y CAYUSE EN LA ALIMENTACIÓN DE VACAS HOLSTEIN MESTIZO EN PRODUCCIÓN EN EL ALTIPLANO DE PASTO-COLOMBIA

ALICIA DEL SOCORRO CALPA QUETAMÁ
SANDRA LUSHENY MELO IBARRA

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
PROGRAMA DE ZOOTECNIA
PASTO - COLOMBIA
2003

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

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

Nota de aceptación:

JULIO CESAR RIVERA BARRERO
Jurado delegado

FERNANDO BÁEZ DIAZ
Jurado

EDMUNDO APRÁEZ GUERRERO
Presidente

San Juan de Pasto, Octubre de 2003

DEDICADO A:

DIOS: por ser mi fuerza, confidente y guía espiritual.

MI MADRE: Ana María por su presencia, confianza, comprensión y por ser el tesoro más grande que tengo.

MI PADRE: José que tanto quiero, por enseñarme que la vida no es fácil.

TODOS MIS HERMANOS: Imer, Graciela, Marina, Lida, Diego, Diana, Wilson y en especial a Javier por su apoyo y preocupación.

MIS AMIGOS: que no dejaron que me rindiera y me enseñaron que en la vida no hay imposibles cuando se tiene los deseos y la voluntad para lograrlos, porque un camino de mil millas empieza con el primer paso.

ALICIA CALPA QUETAMÁ

DEDICADO A:

DIOS: por haberme dado la vida, fortaleza y salvación.

MIS PADRES: María del Socorro Ibarra y Segundo Carlos Melo, por su incondicional apoyo y porque fueron ellos, quienes me impulsaron a salir adelante, brindándome el amor suficiente para poder entender tantos contratiempos de la vida.

MIS HERMANOS: Mary, Miller y Jhony, por su comprensión, apoyo moral y su constante preocupación.

MI SOBRINA: Anghie Daniela, quien con su ternura y amor me motivó a superarme cada día más.

MIS ABUELITAS: que con su presencia espiritual permanente, le dan fortaleza a mi existencia.

MIS FAMILIARES Y AMIGOS: por su optimismo, colaboración y acompañamiento en el transcurso de mi carrera.

SANDRA LUSHENY MELO IBARRA

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

EDMUNDO APRÁEZ GUERRERO, Zoot., MSc, PhD.

FERNANDO BÁEZ DIAZ, Agrólogo

JULIO CESAR RIVERA BARRERO, Zoot.

LUIS FERNANDO CAMPUZANO DUQUE, Director C.I Obonuco

ANTONIO BOLAÑOS ALOMIA, I.A., MSc.

OSCAR ANTONIO MONCAYO OTERO, Zoot.

BELÉN ARCILA GONZÁLES, Economista agrario

DANIEL MARTÍNEZ ARAUJO, Administrador financiero

OSCAR NARVÁEZ ESTRADA, Auxiliar Administrativo

LUIS ORDÓÑEZ ORTIZ, Auxiliar técnico

MOISÉS SEPÚLVEDA RUBIO, Auxiliar técnico

LUIS ALFONSO SOLARTE, Zoot.

El personal que labora en la sección Bovinos Leche del C.I. Obonuco, CORPOICA

La Facultad de Ciencias Pecuarias de la Universidad de Nariño

Todas las personas que aportaron para la culminación de este trabajo.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	22
1. DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	23
2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	24
3. OBJETIVOS	25
3.1 OBJETIVO GENERAL	25
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	25
4. MARCO TEÓRICO	26
4.1 FISIOLOGÍA DE LOS RUMIANTES	26
4.2 NECESIDADES NUTRITIVAS DEL GANADO LECHERO	27
4.2.1 Agua	27
4.2.2 Energía	28
4.2.3 Proteína	29
4.2.4 Minerales y vitaminas	29
4.3 GENERALIDADES DE LOS PASTOS Y FORRAJES PARA ENSILAR	29
4.3.1 Kikuyo	30
4.3.2 Obonuco Triticale 98	30
4.3.3 Avena forrajera	31
4.4 ENSILAJE	32
4.4.1 Utilización de los forrajes ensilados en la alimentación de ganado lechero	33

4.5 FACTORES QUE AFECTAN LA COMPOSICIÓN Y CALIDAD DE LA LECHE	34
4.6 DIGESTIBILIDAD <i>In situ</i>	36
4.6.1 Factores que afectan la digestibilidad	38
5. DISEÑO METODOLÓGICO	39
5.1 LOCALIZACIÓN	39
5.2 ÁREA EXPERIMENTAL	39
5.3 PRUEBA DE PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE LA LECHE	39
5.3.1 Animales	39
5.3.2 Alimento y alimentación	39
5.3.3 Instalaciones y equipos	39
5.4 PRUEBA DE DIGESTIBILIDAD <i>In situ</i>	39
5.4.1 Animales	39
5.5 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	40
5.6 TRATAMIENTOS	40
5.6.1 Modelos propuestos	40
5.6.2 Formulación de hipótesis	41
5.7 VARIABLES A EVALUAR	41
5.7.1 Agronómicas	41
a. Producción de biomasa seca	41
b. Índice de área foliar	41
c. Altura de las plantas	41
5.7.2 Bromatológicas	41

5.7.3 Prueba de digestibilidad <i>In situ</i>	42
5.8 PRUEBA DE COMPORTAMIENTO	42
5.8.1 Consumo de alimento	42
5.8.2 Producción y calidad de leche	42
5.8.3 Condición corporal y cambios de peso	42
5.9 ANÁLISIS PARCIAL DE COSTOS	43
6. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	44
6.1 COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DEL FORRAJE EN PIE	44
6.1.1 Producción de biomasa	44
6.1.2 Índice de área foliar	45
6.1.3 Altura de las plantas	46
6.2 CARACTERIZACIÓN BROMATOLÓGICA DEL FORRAJE EN PIE	46
6.3 CARACTERIZACIÓN MICROBIOLÓGICA DEL ENSILAJE	50
6.4 CARACTERIZACIÓN BROMATOLÓGICA DEL ENSILAJE	51
6.5 DEGRADABILIDAD RUMINAL <i>In situ</i> DEL FORRAJE EN PIE Y ENSILADO	52
6.5.1 Materia seca	56
6.5.2 Proteína	58
6.5.3 Fibra detergente neutro	59
6.5.4 Fibra detergente ácido	60
6.5.5 Hemicelulosa	62
6.6 PRUEBA DE COMPORTAMIENTO CON VACAS EN PRODUCCIÓN	62
6.6.1 Consumo de materia seca	63

6.6.2	Variación de peso	64
6.6.3	Condición corporal	65
6.6.4	Producción de leche	66
6.6.5	Composición de la leche	66
6.7	ANÁLISIS ECONÓMICO	69
6.7.1	Costos de producción del forraje y ensilaje	69
6.7.2	Análisis de producción y calidad de la leche	69
6.7.3	Tasa de retorno marginal	70
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	73
	BIBLIOGRAFÍA	75
	ANEXOS	81

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Composición de la leche en las diferentes razas lecheras	34
Tabla 2. Distribución de los tratamientos para la prueba de comportamiento	40
Tabla 3. Variables agronómicas del forraje en pie	44
Tabla 4. Composición bromatológica del forraje en pie	47
Tabla 5. Caracterización microbiológica del ensilaje	50
Tabla 6. Caracterización bromatológica del ensilaje	51
Tabla 7. Coeficientes de digestibilidad <i>In situ</i> del forraje y ensilaje	53
Tabla 8. Comportamiento en peso de vacas	62
Tabla 9. Composición de la leche	67
Tabla 10. Costos de producción del forraje ensilaje	70
Tabla 11. Rendimiento de leche, sólidos totales y valor de la producción	71
Tabla 12. Costos variables y beneficio neto parcial	71
Tabla 13. Tasa de retorno marginal	72

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Digestibilidad <i>In situ</i> de materia seca	54
Figura 2. Digestibilidad <i>In situ</i> de proteína	56
Figura 3. Digestibilidad <i>In situ</i> de FDN	58
Figura 4. Digestibilidad <i>In situ</i> de FDA	60
Figura 5. Digestibilidad <i>In situ</i> de hemicelulosa	61
Figura 6. Consumo de materia seca	63
Figura 7. Variación de peso	64
Figura 8. Condición corporal	65
Figura 9. Producción de leche	66

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Cuadrado medio y F calculada para variables agronómicas	82
Anexo B. Cuadrado medio y F calculada para variables bromatológicas del forraje en pie	82
Anexo C. Cuadrado medio y F calculada para digestibilidad <i>In situ</i> del forraje en pie a las 24 horas	83
Anexo D. Cuadrado medio y F calculada para digestibilidad <i>In situ</i> del forraje en pie a las 48 horas	83
Anexo E. Cuadrado medio y F calculada para digestibilidad <i>In situ</i> del forraje en pie a las 72 horas	83
Anexo F. Cuadrado medio y F calculada para digestibilidad <i>In situ</i> del ensilaje a las 24 horas	84
Anexo G. Cuadrado medio y F calculada para digestibilidad <i>In situ</i> del ensilaje a las 48 horas	84
Anexo H. Cuadrado medio y F calculada para digestibilidad <i>In situ</i> del ensilaje a las 72 horas	84
Anexo I. Cuadrado medio y F calculada para variables de comportamiento de vacas Holstein mestizo en producción.	85
Anexo J. Cuadrado medio y F calculada para composición de la leche	85

GLOSARIO

ACIDEZ: propiedad de las sustancias que tienen alta proporción de iones hidrógeno (H^+). En la escala de Ph son sustancias ácidas las que tienen un Ph menor a 7 y alcalinas las que son mayores.

ADAPTABILIDAD: acondicionamiento de la planta para su desarrollo y reproducción a un ambiente ecológico.

ANÁLISIS BROMATOLÓGICO: análisis de un forraje en el laboratorio, para determinar sus componentes nutritivos.

ANÁLISIS PROXIMAL: combinación de procedimientos analíticos que se utilizan para cuantificar el contenido de proteínas, lípidos, materia seca, cenizas y glúcidos de los alimentos, tejidos animales o excretas.

BIOMASA: peso seco por unidad de superficie.

CELULOSA: polímero de glucosa que se encuentra en un enlace resistente a la hidrólisis producida por las enzimas digestivas.

DEFOLIACIÓN: remoción de las hojas aéreas de la planta, por el animal o cualquier implemento usado para su cosecha.

DIGESTIBILIDAD *In situ*: técnica que determina la desaparición ruminal de los nutrimentos presentes en un alimento.

ENSILAJE: almacenamiento de forrajes verdes en silos que fermenten y les sea más gustoso a los animales.

FENOLÓGICO: planta, variedad o especie en etapa de crecimiento y desarrollo respecto al período de brotación, ramificación, defloración y/o fructificación.

FERTILIDAD: calidad del suelo para suministrar los nutrimentos apropiados en cantidades adecuadas y balanceadas para el crecimiento normal de las plantas, cuando otros factores como la luz, humedad y condiciones físicas favorables.

FOTOSÍNTESIS: proceso por el cual las plantas con clorofila producen carbohidratos a partir del hidrógeno del agua y del CO_2 atmosférico.

GRAMÍNEAS: planta monocotiledónea de tallo cilíndrico y generalmente hueco, hojas paralelinervias (nervaduras paralelas), flores reunidas en la espiga, ráncimo o panoja.

IMPEDANCIA: resistencia física del suelo que impide la penetración de la raíz de la planta.

ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR: relación entre el área de las hojas de la planta y el área del suelo que ellas ocupan.

LIGNINA: componente funcional que proporciona rigidez a la pared celular de los vegetales.

LÍNEA: representación de un conjunto de individuos con características particulares.

LIXIVIACIÓN: proceso en el cual las sustancias solubles del material ensilado son arrastradas por exceso de humedad.

MATERIA SECA: forraje verde al que se le extrae completamente el agua por medios físicos como el calor. En ello está todos los elementos del pasto o elementos sólidos que contienen las fibras, proteínas y minerales.

PALATABILIDAD: cualidad de un alimento de ser jugoso y gustoso al paladar del animal.

PRECOSIDAD: que madura anticipadamente, tanto por naturaleza del vegetal o como consecuencia de un tratamiento; de cualquier manera es un factor que adelanta la salida de las hojas y la floración.

PRODUCTIVIDAD: incrementos de biomasa (animal o vegetal) por unidad de área o tiempo.

PROTEINA CRUDA: porcentaje de nitrógeno del contenido celular de las plantas forrajeras sintetizadas a partir de aminoácidos.

RESISTENCIA: capacidad de una planta o variedad para no ser dañada por una enfermedad, plaga, por factores nutricionales o metereológicos.

VALOR NUTRITIVO: cantidad de nutrientes que tiene un forraje y que sirve para nutrir al animal.

VARIEDAD: categoría taxonómica inferior a la especie, que agrupa organismos con diferencias individuales cuyo sentido hereditario está bien diferenciado.

ABSTRACT

The research was carried out in the milk bovines section of CORPOICA Center of Research C. I. Obonuco, with the goal to determine the nutritive value and digestibility *In situ* of forage in standing and the silage of Obonuco Triticale 98 (OT) and the oat lines L-15/85 (L-15) and Cayuse (CY) in Holstein native cows feeding in production.

It was used three plots of a hectare in order to do the agronomical and bromatological value. Plots were divided into four little plots of 2.500 m²; the digestibility *in situ* was made in four young bulls which have a ruminal cannula. In young bulls were incubated samples of different times (0, 24, 48 and 74 hours). These samples were valued through an at random complete Blocks design.

The behavior, production and milk quality samples were tested in eight Holstein cows in a first a second phase of lactation based on a Latin Table design.

The highest dried biomass productions ($P < 0.01$) and precocity were obtained with oat L-15 (6.482/ha, 107 days) followed by OT (5.44/ha, 107 days) and CY (5.23/ha, 140 days). The lowest one was to KK (2.265/ha).

The forage bromatological composition in standing showed a major content of dried matter ($P < 0.05$) in OT (32.22%), followed by oat L-15 (25.3%), KK (20.4%) and CY (19.22%). In protein, KK (10.21%) surpassed ($P < 0.01$) OT (8.68%), L-15 (7.35%), and CY (5.57%). The energy content (McalED/Kg) was higher ($P < 0.05$) in CY (2.65) respect to L-15 (2.52), KK and OT with values similar 2.38 Mcal.

The CY and L-15 silaged forage showed increases in dried matter and protein, OT increased the protein content only. The OT dried matter surpassed (32.02%) to L-15 (27.07%) and CY (25.75%); in protein, oat L-15 was higher (11.56%) to OT (10.08%) and CY (8.14%). The energy was similar, in oat L-15 (2.36), OT (2.35), and CY (2.34) McalED/kg.

The highest bacteria milky population was found in oat CY silage (46×10^4) and L-15 (34×10^4) and the lowest one in CY (29×10^3). This count was related to pH values which were to CY 4.05, L-15, 4.1 and OT, 4.5; the organoleptic properties were uniform in the three silages.

The digestibility *in situ* of the dried matter of forage in standing of oat CY was the highest ($P < 0.01$) up to 72 hours (83.96%), followed by OT (75.11%), L-15 (73.24%) and KK (64.96%); as the same way, the protein ($P < 0.05$) reported the highest value (87.81%) with respect to OT (1.07%), L-15 (79.91%) and KK (76.87%).

The silaged forages, disappearance tendency in function to time was similar to forage in standing, CY revealed the highest coefficients ($P<0.01$); dried matter (81.61%), followed by OT (77.20%) and L-15 (73.04%); nevertheless, in protein, oat L-15 showed the highest value ($P<0.01$) (93.02%), followed by OT (83.45%), and CY was minor (64.66%).

In the animal behavior test, there were differences ($P<0.01$) to consumption of dried matter (Kg/ animal/day), in favour to OT (16.52) followed CY (15.18), KK (13.88) and L-15 (12.26). The body condition did not vary in animals and the weight increase did not show changes.

With respect to milk components, differences were looked up ($P<0.05$) only to percentage of fat matter, L-15 (3.45%) surpassed to CY (2.99%) and KK (2.56%).

The economic analysis gave positive results to oat L-15, because this line reported the highest rate of productivity (2.543 liters/ha), followed by OT (1804), CY (1299) and KK (707), and it obtained also the highest net partial benefit (\$ 524.342), OT (\$239.060), and CY (\$50.633). These data confirmed the best rate of marginal return (348.4%).

RESUMEN

El trabajo se realizó en la sección Bovinos Leche del Centro de Investigaciones C.I Obonuco de CORPOICA, con el objeto de determinar el valor nutritivo y digestibilidad *In situ* del forraje en pie y ensilado de Obonuco Triticale 98 (OT) y las líneas de avena L-15/85 (L-15) y Cayuse (CY) en la alimentación de vacas Holstein mestizo en producción.

Para la valoración agronómica y bromatológica se utilizaron tres lotes de una hectárea divididos en cuatro parcelas de 2500m²; la digestibilidad *In situ* se realizó en cuatro novillos dotados de cánula ruminal, en los que se incubaron las muestras en diferentes tiempos (0, 24, 48 y 72 horas). Estas pruebas se valoraron mediante un diseño de Bloques completos al azar.

Las pruebas de comportamiento, producción y calidad de leche se evaluaron en ocho vacas Holstein en primera y segunda fase de lactancia con base en un diseño Cuadrado Latino.

Las mayores producciones de biomasa seca ($P<0.01$) y precocidad se obtuvieron con avena L-15 (6.482t/ha, 107 días), seguido de OT (5.44t/ha, 107 días) y CY (5.23t/ha, 140días), la menor fue para KK (2.265t/ha).

La composición bromatológica de los forrajes en pie reveló un mayor contenido de MS ($P<0.05$) en OT (32.22%), luego de avena L-15 (25.3%), KK (20.4%) y CY (19.22%). En proteína KK (10.21%) superó ($P<0.01$) a OT (8.68%), L-15 (7.35%) y CY (5.57%). El contenido de energía (McalED/kg) fue mayor ($P<0.05$) en CY (2.65) respecto a L-15 (2.52), KK y OT con valores similares de 2.38 Mcal.

El ensilaje de CY y L-15 presentó incrementos en MS y proteína, OT solamente aumentó el tenor proteico. La MS de OT superó (32.02%) a L-15 (27.07%) y CY (25.75%); en proteína avena L-15 fue mayor (11.56%) a OT (10.08%) y CY (8.14%); la energía fue similar en avena L-15 (2.36), OT (2.35) y CY (2.34) McalED/kg.

La mayor población de bacterias lácticas se encontró en el ensilaje de avena CY (46×10^4) y L-15 (34×10^4) y la menor en OT (29×10^3), este conteo estuvo relacionado con los valores de pH que para CY fue de 4.05, L-15 4.1 y OT 4.5; las propiedades organolépticas fueron uniformes en los tres ensilajes.

La digestibilidad *In situ* de la MS del forraje en pie de avena CY fue la mayor ($P<0.01$) hacia las 72 horas (83.96%), luego OT (75.11%), L-15 (73.24%) y KK (64.96%); igualmente la proteína ($P<0.05$) reportó el valor más alto (87.81%) respecto a OT (81.07%), L-15 (79.91%) y KK (76.67%).

En los forrajes ensilados la tendencia de desaparición en función del tiempo fue similar a la del forraje en pie, CY reveló los más altos coeficientes ($P < 0.01$); MS (81.61%), seguida de OT (77.20%) y L-15 (73.04%), sin embargo en proteína avena L-15 mostró el mayor valor ($P < 0.01$) (93.02%), seguida de OT (83.45%), y CY fue menor (64.66%).

En la prueba de comportamiento animal hubieron diferencias ($P < 0.01$) para consumo de MS (kg/animal/día), a favor de OT (16.52) luego de CY (15.18), KK (13.88) y L-15 (12.26); la condición corporal no varió en los animales y el incremento de peso tampoco reveló cambios significativos.

Respecto a los componentes de la leche, se pudo observar diferencias ($P < 0.05$) únicamente para el porcentaje de grasa, L-15 (3.45%) superó a CY (2.99%), OT (2.89%) y KK (2.56%).

El análisis económico, arrojó resultados positivos para avena L-15, en razón a que esta línea reportó el mayor índice de productividad (2543 litros/ha), seguida de OT (1804), CY (1299), y KK (707), igualmente obtuvo el mayor beneficio neto parcial (\$524.342), OT (\$239.397), KK (\$229060) y CY (\$50.633), lo que le confirió la mejor tasa de retorno marginal (348.4%).

INTRODUCCIÓN

La alimentación del ganado bovino para leche en el altiplano de Nariño, está basada fundamentalmente en pastos ó forrajes frescos, sin embargo, las condiciones climáticas afectan su disponibilidad, lo que repercute en reducciones de peso, condición corporal y producción que puede alcanzar hasta un 25% (Rivera,1997). Las pérdidas económicas por esta causa son evidentes ya que menguan considerablemente los ingresos de los productores e impiden el desarrollo competitivo de la empresa ganadera.

Para afrontar la menor disponibilidad de pastos en los períodos de baja precipitación, se hace necesario utilizar sistemas de producción que permitan solventar la deficiencia de alimento y aprovechar la habilidad del rumiante para usar alimentos fibrosos como el ensilaje, henolaje, heno ó residuos agrícolas; que adecuadamente suplementados aporten los nutrientes necesarios para mantener parámetros productivos adecuados.

El ensilaje es un método de conservación que hace posible el aprovechamiento de productos agrícolas fibrosos, excedentes de pasturas y cosechas forrajeras para mantener un adecuado nivel alimentario. Este método permite obtener mayor biomasa por hectárea, reduce las pérdidas ocasionadas por la lluvia en la preparación del heno y evita la defoliación que se produce en la henificación. Adicionalmente, el ensilaje es mucho más apetitoso que el alimento seco. (Etgen y Reaves, 1985)

Las anteriores consideraciones condujeron a plantear este trabajo, con el objeto de determinar el valor nutritivo y digestibilidad *In situ* de los forrajes en pie y ensilados de Obonuco Triticale 98 (*Triticum spp*), Avena (*Avena sativa*) Línea 15/85 y Cayuse, como alternativa alimentaria de vacas lecheras en los períodos de baja precipitación.

1. DEFINICIÓN Y DELIMITACION DEL PROBLEMA

La estacionalidad de las lluvias constituye uno de los principales factores que determinan la producción de forraje. Así, cuando se prolonga el periodo seco los forrajes son escasos y de baja calidad, por esta razón el ganado se ve sometido a una drástica restricción del consumo voluntario, reduciendo la producción de leche en relación a aquella obtenida en períodos lluviosos, situación que afecta negativamente el comportamiento productivo y reproductivo del hato.

Adicionalmente, en algunas zonas del departamento, las empresas ganaderas se han incrementado como consecuencia de la política nacional de sustitución de trigo y cebada por otros sistemas productivos como la ganadería de leche, donde los costos de producción son elevados, la calidad de pastos es deficiente y se mantiene alta carga animal; unido a esto, las prácticas fertilización son escasas y el manejo de praderas es inadecuado.

2. FORMULACION DEL PROBLEMA

Para los pequeños y medianos productores de leche del Departamento de Nariño, la principal limitante para el desarrollo competitivo de la empresa ganadera es la disponibilidad de forraje, que alcanza su máximo en época lluviosa y su mínimo durante la época seca, situación que se ve reflejada en la reducción del consumo voluntario, producción, mala condición corporal, fertilidad y pérdidas de peso.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar el valor nutritivo del ensilaje Obonuco Triticale 98 (*Triticum spp*), avena (*Avena sativa*) Línea 15/85 y Cayuse en la producción y calidad de la leche, utilizando como testigo el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*).

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

3.2.1 Realizar una evaluación agronómica y bromatológica de los pastos y forrajes en experimentación

3.2.2 Determinar las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del forraje ensilado.

3.2.3 Determinar consumo, cambios de peso, condición corporal e índice de productividad en vacas Holstein mestizo en producción.

3.2.4 Evaluar el efecto de la alimentación con los diferentes ensilajes sobre la producción y calidad de la leche.

3.2.5 Determinar la digestibilidad *In situ* de la materia seca, proteína, FDN, FDA y hemicelulosa del material en estudio.

3.2.6 Determinar la viabilidad económica para cada dieta en experimentación.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 FISIOLÓGIA DE LOS RUMIANTES

Church y Pond¹, afirman que el rumen alberga gran cantidad de bacterias y protozoos. Estos organismos y sus metabolitos junto con la saliva y las sustancias ingeridas, constituyen los factores más importantes que gobiernan la naturaleza del contenido del rumen, el cual presenta un ambiente muy favorable al crecimiento microbiano; una vez el alimento ingresa inician las contracciones de las paredes del estómago que favorecen la puesta en contacto de los microorganismos con los alimentos recién ingeridos o rumiados.

Haresign y Cole manifiestan que:

Los microorganismos del rumen permiten a los rumiantes utilizar eficientemente el nitrógeno no proteico (NNP) de la dieta y sobrevivir con ingestiones bajas de nitrógeno, gracias a la utilización del nitrógeno reciclado en el rumen vía saliva. Además, los microorganismos mejoran la calidad de las proteínas de baja calidad de la dieta al transformarlas en proteína microbiana de alta calidad².

Sánchez, Wills y Figueroa consideran que "el desarrollo de las poblaciones microbiales en el rumen está íntimamente relacionado con el tipo de alimento consumido por el animal hospedero, produciendo variaciones en la microbiota tanto de tipo cualitativo como cuantitativo entre especies"³.

Preston y Leng anotan que "las bacterias ruminales constituyen el grupo de microorganismos más frecuentes aunque no siempre forman la mayor biomasa. Las bacterias celulolíticas confieren al rumiante la capacidad de sobrevivir a base de forrajes fibrosos, por lo que son microorganismos muy importantes en el proceso digestivo del animal"⁴.

¹CHURCH D.C. y POND W.G. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. México: Limusa, 1998. p 40.

² HARESIGN, W. Y COLE, D.J.A. Avances en nutrición de los rumiantes. Zaragoza: Acribia, 1988. p.125.

³ SÁNCHEZ, WILLS Y FIGUEROA, J. Efecto de la población microbiana sobre las pruebas de digestibilidad *in vitro* e *in situ*. En: Revista de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Santafé de Bogotá. Vol. 46, No.2 (Octubre 1998); p. 17.

⁴ 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: Condrit, 1989, p. 156.

Según Rodríguez *et al*:

El papel de los microorganismos celulolíticos como bacterias y hongos adquiere mayor relevancia en sistemas de producción de bovinos en condiciones tropicales, donde la fuente principal de alimentación la constituyen los pastos y forrajes cuya degradación y utilización dependen del tamaño y composición de la población de hongos y bacterias del rumen y de la capacidad de estos para degradar carbohidratos estructurales como celulosa y hemicelulosa⁵.

4.2 NECESIDADES NUTRITIVAS DEL GANADO LECHERO

Miller manifiesta que:

El ganado lechero requiere de cinco clases de nutrientes: agua, energía, proteína, minerales y vitaminas, las cuales se precisan para satisfacer las necesidades de mantenimiento, crecimiento síntesis y secreción de leche, reproducción y trabajo por encima de lo normal⁶.

También establece que se debe prestar atención especial a la nutrición de vacas productoras de leche que se encuentren en el ápice de la lactación, puesto que segregan diariamente una gran cantidad de nutrientes de alta calidad para el consumo humano. Consecuentemente, para mantener una elevada producción se precisa una cantidad de nutrientes superior, a la de la suma de las demás funciones⁷.

Según Bath *et al*:

La alimentación del ganado lechero se simplifica considerablemente por la presencia de los microorganismos ruminales. Sin ellos, las vacas necesitarían proteínas de mejor calidad, balanceadas según las necesidades de aminoácidos y una fuente dietética de vitaminas del complejo B y vitamina K. Además, las vacas no podrían utilizar con la misma amplitud la celulosa o el nitrógeno no proteínico⁸.

4.2.1 Agua. Respecto a este nutriente Bondi manifiesta que:

El consumo de agua esta relacionado con la ingestión de materia seca. Cuanto mayor es la ingestión de alimentos groseros, mayor es la necesidad de agua. La ingestión de agua por el ganado vacuno adulto es

⁵ RODRÍGUEZ, Fernando *et al*. Pastos y forrajes. *En*: Revista Corpoica. Ciencia y tecnología agropecuaria. Bogotá. Vol. 1, No.1 (octubre 1996); p.23.

⁶ MILLER, W. J. Nutrición y alimentación del ganado vacuno lechero. Zaragoza: Acribia, 1989. p. 349.

⁷ *Ibid.*, p. 349.

⁸ BATH, Donald *et al*. Ganado lechero. Segunda edición. México: Interamericana. 1987. p.167.

de 3 – 5 kg por 1kg de materia seca consumido. Las vacas lactantes precisan cantidades adicionales de agua debido a la gran cantidad existente en la leche; por cada kilogramo de leche producido requieren unos 4 o 5 kg de agua⁹.

Etgen y Reaves consideran que “el ganado lechero debe disponer todo el tiempo de grandes cantidades de agua dulce y limpia para beber, la falta de cantidades suficientes de agua o de mala calidad potable restringe significativamente la producción de leche”¹⁰.

Bath *et al*, manifiestan que “el ganado lechero beberá más agua si esta disponible dos veces al día, que una sola vez diaria, y aún más, si esta disponible en todo momento. Las vacas producen más leche cuando tienen un acceso continuo y libre al agua”¹¹.

4.2.2 Energía. Bondi afirma que:

Para la producción económica de leche es muy importante la cantidad de energía disponible. Se precisa mucha mayor cantidad de pienso para cubrir las necesidades energéticas de la vaca lechera que de los demás nutrientes juntos. Las necesidades para la producción de leche se expresan por unidad de leche de un determinado contenido en grasa, ya que su valor energético sigue estrechamente al contenido de grasa¹².

De acuerdo con Orskov:

Si al animal se le proporciona la energía suficiente para su mantenimiento, es probable que la proteína microbiana sintetizada a partir de la proteína degradable en la panza baste para satisfacer las necesidades proteicas de mantenimiento, sin embargo, si al animal se le alimenta con una ración cuyo contenido energético es inferior al de sus necesidades de mantenimiento la producción de proteína microbiana resulta insuficiente y, su organismo no solo perderá grasa, si no que también perderá proteína ó, lo que es lo mismo, tejidos magros¹³.

Para Urbina “la principal fuente de energía son los pastos, forrajes, residuos de cosechas que son transformados por las bacterias del rumen; pero también son

⁹ BONDI, Aron. Nutrición animal. Zaragoza: Acribia. 1989. p.173.

¹⁰ ETGEN, William y REAVES, Paul. Ganado lechero: alimentación y administración. México: Limusa, 1985. p.81.

¹¹ BATH *Et al*, Op. Cit., p.177.

¹² BONDI, Op cit., p.450.

¹³ ORSKOV E. R. Alimentación de rumiantes. Principios y práctica. Zaragoza: Acribia, 1990. p.58.

utilizados como fuentes de energía los azúcares (fructosa, lactosa, glucosa, sacarosa) que son metabolizados más rápidamente”¹⁴.

Etgen y Reaves consideran que “a excepción del agua, la energía es cuantitativamente el principal nutriente que requiere el ganado lechero, y normalmente comprende del 70 al 80% de la ingestión de nutrientes”¹⁵.

4.2.3 Proteína. McDonald, Edwards y Greenhalgh afirman que “las necesidades de proteína degradable en el rumen de las vacas lecheras, dependen del peso de los animales, la producción de leche y los cambios de peso. Estos factores marcan las necesidades energéticas y, por tanto, las demandas proteicas de los microorganismos”¹⁶.

Para Koeslag “las necesidades de proteína para los bovinos pueden expresarse como proteína total, pero es mejor hacerlo en proteína digestible (PD). Las vacas lecheras necesitan aproximadamente 70 a 100g de proteínas digestibles por cada kilogramo de materia seca que consumen”¹⁷.

Haresign y Cole, consideran que “la estimación de los aportes proteicos para las vacas de producción láctea se basa, generalmente, en expresar las pérdidas de nitrógeno y, la retención de nitrógeno en la leche, que están en relación con el tamaño de la vaca y con la producción láctea, en términos de aporte de nitrógeno en la dieta teniendo en cuenta la eficiencia de la utilización”¹⁸.

4.2.4 Minerales y vitaminas. De acuerdo con Urbina:

Son nutrientes de gran importancia, 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 esos nutrientes y se requiere darlos por separado. Por lo cual se cree conveniente suministrar sal mineralizada a voluntad en todos los grupos de animales para cubrir las necesidades de los principales minerales, que en clima frío son: Ca, P, Cu, Mg, Zn¹⁹.

4.3 GENERALIDADES DE LOS PASTOS Y FORRAJES PARA ENSILAR

¹⁴ URBINA ROJAS, Nicolás. Ganado de leche. Bogotá: UNISUR, 1994. p.70.

¹⁵ ETGEN y REAVES. Op cit., p.107.

¹⁷ KOESLAG, Johan H. Bovinos de leche. Segunda edición. México: Trillas, 1990. p.56.

¹⁸ HARESIGN Y COLE, Op cit., p. 201.

¹⁹ URBINA, Op cit., p.70.

4.3.1 Kikuyo. Bernal manifiesta que: “El kikuyo es una de las gramíneas más comunes y más bien adaptadas a la zona fría. No prospera bien en suelos pobres, es tolerante a la sequía pero muy susceptible a las heladas. La producción y calidad del forraje, depende en gran parte de la fertilidad y humedad del suelo, del manejo y fertilización²⁰ .

Piñeros menciona que “el kikuyo fue introducido en el año de 1928 a la Sabana de Bogotá, donde su siembra inicial dio excelentes resultados y en octubre de 1931 se llevó por primera vez a Duitama donde se diseminó rápidamente debido a su buena adaptación a diferentes suelos, temperaturas y a su alta producción de forraje” ²¹ .

4.3.2 Obonuco Triticale 98. Bernal afirma que “el Triticale se adapta bien a una amplia variedad de suelos, pero produce mejor en los de mediana a alta fertilidad, profundos y bien drenados. Se han obtenido buenas producciones entre 1800 y 3200 m.s.n.m.”²² .

Merchancano *et al*, afirman que “es un híbrido obtenido mediante el cruzamiento entre una especie del género *Triticum* y otro del género *secale*, con la capacidad de producción y calidad del trigo, más la rusticidad del centeno²³” .

Los mismos autores²⁴ reportan que:

Para ensilaje, el corte se realiza entre 100 a 120 días en estado lechoso, para que exista un contenido aceptable de proteína y de energía digestible. El rendimiento en promedio es de 29.3 t/ha de forraje verde (11.7 t/ha de MS). En forma práctica una hectárea puede mantener 10 UGG en pastoreo durante un mes bien alimentadas y si se destina para ensilaje, 15 UGG por hectárea, teniendo en cuenta dos meses secos como agosto y septiembre, con un suministro diario de 30 kg mas pastoreo adicional.

De acuerdo a investigaciones realizadas por Báez *et al*: “Obonuco Triticale 98 tiene una alta producción de forraje verde y moderada de materia seca. Además este forraje tiene la ventaja de poderse ensilar entre 93 a 121 días”²⁵ .

²⁰BERNAL EUSSE, Javier. Pastos y forrajes tropicales. Santafé de Bogotá: Buda, 1994. p. 470.

²¹ PIÑEROS, Jesús. Informe sobre pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). En: Revista Boletín Agrícola. Bogotá. Vol. 6, No. 3 (Marzo,1993); p.5-7.

²² BERNAL, Op cit., p.512.

²³ MERCHANCANO, Domingo *et al*. Obonuco Triticale 98. Nueva especie forrajera para el departamento de Nariño. Boletín divulgativo No.4 San Juan de Pasto: CORPOICA, 1999. p. 5.

²⁴ Ibid., p. 12.

Según Mulsera y Ratera²⁶, el triticales puede alcanzar producciones totales de forraje similares a la avena, o incluso superarla, ligeramente, en mejores valores de proteína, y muy parecidos en digestibilidad, en condiciones fisiológicas semejantes.

4.3.3 Avena forrajera. De acuerdo con Bolaños *et al*²⁷ la investigación en la especie avena se inició desde el año de 1952, pero solamente a partir del año 1986 en Antioquia se empezó a considerar la alternativa de utilizar las avenas forrajeras como pasto de corte de buena calidad y buen rendimiento forrajero. Se realizaron diferentes pruebas con el fin de probar su adaptación a las condiciones locales, seleccionando las más promisorias y realizando con ellas el ajuste de tecnología mediante ensayos sobre practicas de manejo para lograr incremento en la producción.

Gracias a estas investigaciones se conoció que en el país existen zonas aptas para el cultivo de avena (1600 y 3100 m.s.n.m) y es grande la aceptación que ha tenido este forraje por parte de los ganaderos de clima frío, especialmente para uso en las épocas críticas de verano o invierno. Así mismo, es una alternativa para obtención de forraje y ensilaje que permiten estabilizar la producción de leche a través de todo el año.

Avena L-15/85 se viene evaluando desde 1985 en el Centro de Investigación C.I Obonuco de CORPOICA. En ensayos preliminares de rendimiento, se obtuvo un buen comportamiento agronómico y altos rendimientos de forraje. Según Báez “esta variedad de avena se caracteriza por su alta capacidad para producir materia seca, precocidad y se puede pastorear y ensilar entre los 87 a 119 días”²⁸.

La avena Cayuse es una variedad importada de largo periodo vegetativo y se viene cultivando desde 1966. Algunos estudios revelan que en el campo, esta variedad tiene un buen crecimiento y macollamiento, se debe ensilar entre 111 a 146 días, dependiendo de la altitud del lugar.

²⁵ BAEZ, Fernando et al. Ajuste, validación y transferencia de tecnología en el manejo de Obonuco Triticales 98, para sostener los niveles productivos de leche y peso vivo en épocas de sequía en zonas de economía campesina del sur del departamento de Nariño. San Juan de Pasto: CORPOICA, 2001. p.21.

²⁶MULSER Y RATERA, Praderas y forrajes. Producción y aprovechamiento. 2da edición. Madrid: Mundi-Prensa, 1991. p. 548.

²⁷ BOLAÑOS, Antonio et al. Ajuste, validación y transferencia de tecnología en producción y utilización de la avena L-15/85, como nueva variedad forrajera competitiva y sostenible para la alimentación de bovinos de los sistemas de producción del altiplano de Nariño. San Juan de Pasto: CORPOICA, 2000. p.11-16.

Bolaños *et al*²⁹, de acuerdo a los resultados obtenidos en diferentes ensayos reportan que:

- En producción de forraje verde las mayores respuestas se dieron en Avena Cayuse y Obonuco Triticale 98, moderadas de Avena L-15/85 y bajas de Raigras aubade.
- Para los rendimientos de materia seca Obonuco Triticale 98 y Avena Cayuse presentaron altas respuestas, mientras que son moderadas para la Avena L-15/85.
- Con el Triticale, al igual que con la avena forrajera, se obtuvieron de uno a dos cortes de forraje por siembra.
- La altitud del lugar afecta en forma negativa la acumulación de materia seca en Avena Cayuse, Avena L-15/85 y Obonuco Triticale 98 debido a la reducción de temperatura ambiente, siendo muy notorio en la Avena Cayuse.

4.4 ENSILAJE

Marshall define el ensilaje como “el resultado final de la conservación de una cosecha bajo condiciones anaeróbicas, provisto con hidratos de carbono utilizables, y mantenido a temperatura óptima para que los organismos productores de ácido láctico creen la suficiente acidez en el medio que prevenga su descomposición”³⁰.

Del proceso de ensilaje Mila menciona que:

Cuando el forraje se corta, los azúcares se desdoblán a sustancias simples como el agua y el CO₂ con liberación de calor, elevándose la temperatura por encima de 60° C, de tal suerte que si la respiración es continua las pérdidas de carbohidratos pueden ser totales, por esto es fundamental controlar la respiración tratando que cese para poder mantener un gran remanente de azúcares y almidones que aseguren la fermentación ideal³¹.

Ojeda, Cáceres y Matamoros³² afirman que:

²⁹ Ibid., p. 17.

³⁰ MARSHALL, E. Alimentación práctica de la vaca lechera. Barcelona: Aedos. 1982. p. 224.

³¹ MILA PRIETO, Alberto. Suelos, pastos y forrajes. Santafé de Bogotá: UNISUR, 1996. p. 165.

³² OJEDA, Félix; CACERES, Orestes y MATAMOROS, Marcos. Conservación de pastos y forrajes. Cuba: Departamento de textos y materiales didácticos, 1982. p. 32.

La eficiencia de la fermentación se mide de acuerdo al porcentaje de carbohidratos solubles que son transformados directamente a ácido láctico por ser éste el conservante idóneo de los ensilajes, así mismo manifiestan que el porcentaje mínimo de materia seca debe ser de 25% para que no se produzcan efluentes, considerando que este tipo de pérdidas afectan tanto los elementos que intervienen en la fermentación como el valor nutritivo de los ensilajes.

Mila explica que durante la fermentación se producen tres tipos de ácidos:

- Acético: una vez mueren las células vegetales se multiplican las bacterias del tipo coliformes que producen ácido acético, el cual puede llegar a niveles críticos para la formación de ácido láctico incidiendo en mala calidad del ensilaje.
- Láctico: si el silo se ha procesado correctamente se favorecerá la proliferación de lactobacilos que formarán ácido láctico a partir de los azúcares solubles; para que esto ocurra es necesario que las condiciones de pH, temperatura y anaerobiosis sean las adecuadas, de esta forma la conservación del forraje será más duradera y de buena calidad.
- Butírico: bajo condiciones deficientes de ensilado se desarrollan bacterias de tipo clostridium que promueven la fermentación butírica durante la cual las enzimas proteolíticas degradan la proteína, liberando amoníaco y ácido butírico³³.

La Universidad de la Florida considera que:

El material para ser ensilado debe contener entre 25 y 30% de materia seca. Después que el material esté en el silo, empacado y cubierto, el oxígeno es atrapado en la masa y agotado rápidamente. Una vez que el oxígeno es agotado, la bacteria anaeróbica crece y produce ácido láctico que baja el pH, esta bacteria convierte los azúcares solubles disponibles en ácido láctico. Una vez que el pH llegue a 4.2 o más bajo, el ensilaje se considera estable, y se puede preservar por varios años si se mantiene sin aire³⁴.

4.4.1 Utilización de forrajes ensilados en la alimentación de ganado lechero. Marshall considera que “el ensilaje es un alimento excelente para el ganado lechero. Las vacas con producción no superior a 9 o 10 litros diarios pueden estar suficientemente alimentadas con una ración de forraje y ensilaje, pero cuando

³³ MILA, Op cit., p. 167.

³⁴ UNIVERSIDAD DE LA FLORIDA. Forraje conservado en silo. Junio, 2002. <<http://www.pcca.com.ve>>.

alcanzan producciones superiores a las citadas, debe proporcionarse alimento concentrado”³⁵.

Para Zapata:

La conservación de forrajes posibilita el empleo de excedentes de pasturas y productos agrícolas fibrosos, para mantener un nivel nutricional apropiado de los rumiantes y así lograr índices productivos adecuados durante los veranos intensos. Considera también que toda planta gramínea o leguminosa puede ser ensilada, pero para la obtención de un producto de buena calidad se prefieren plantas con altos rendimientos forrajeros y altos contenidos de carbohidratos que hagan posible una fermentación óptima dentro del proceso³⁶.

4.5 FACTORES QUE AFECTAN LA COMPOSICIÓN Y CALIDAD DE LA LECHE.

Ramos, Pabón y Carulla afirman que: “La composición de la leche está determinada por varios factores genéticos, animales (volumen de leche y estado de lactancia) y nutricionales. Dentro de los genéticos existen diferencias marcadas en la composición de la leche entre y dentro de razas”³⁷. (Tabla 1).

Tabla 1. Composición de la leche en las diferentes razas lecheras.

Raza	Producción Kg/lac	Grasa %	Proteína %	Lactosa %
Holstein	7073	3.7	3.1	4.6
Pardo Suizo	5812	4.2	3.5	4.8
Ayrshire	5247	4.0	3.3	4.6
Guersey	4809	4.9	3.6	4.8
Jersey	4444	5.1	3.8	4.7

Fuente: Carulla 1994.

Broster y Swan sostienen que:

La leche de aquellas razas que tienen los mayores rendimientos, dan él más bajo contenido de grasa y proteína. Así mismo, consideran que a raíz de la relación entre el rendimiento de leche y su composición, la

³⁵ MARSHALL, Op cit., p. 224.

³⁶ ZAPATA, Oscar. Conservación de forrajes en la alimentación de animales. En: ICA Informa. Bogotá. Vol. 26, No. 3 (Julio - septiembre 1992) ; p.15.

³⁷ RAMOS, R., PABÓN, M. L. y CARULLA, J. Factores nutricionales y no nutricionales que determinan la composición de la leche. En: Revista de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Santafé de Bogotá. Vol. 46, No.2 (Octubre 1998); p.2-3.

selección para los rendimientos de una raza resulta en un menor contenido de grasa y proteína aunque los rendimientos totales de estos componentes se incrementen. Inversamente la selección para un mayor contenido de grasa, proteína o cualquier componente importante de los sólidos conduce a una reducción en la producción de leche y de los distintos componentes de los sólidos³⁸.

Bath *et al* establecen que “uno de los principales factores que alteran la composición de la leche es la cantidad total de leche producida en una ordeña dada. Así hay muchos factores que pueden alterar la composición de la leche, pero el mecanismo que participa puede ser indirecto; mientras que la causa directa del cambio de composición será la cantidad de leche producida”³⁹.

Para Phillips “la composición de la leche se caracteriza por la presencia de grandes cantidades de unas pocas proteínas específicas; las tres caseínas calcio - sensibles que se asocian con la k – caseína para formar micelas, la β – lactoglobulina y la alfa – lactoalbúmina son las proteínas principales de las especies rumiantes”⁴⁰.

Henajo, citado por Rivera reporta que “en una muestra típica de leche se encuentran 87.45% de agua y 12.55% de sólidos totales, estos sólidos se discriminan así: grasa 3.6%, proteína 3.5%, lactosa 4.8%, cenizas 0.65%”⁴¹.

Broster y Swan manifiestan que:

En los primeros días después del parto, el contenido de proteína disminuye rápidamente, siendo los mayores cambios de N-globulina y N-proteosa, pero también disminuye el contenido de caseína. La tendencia general de ahí en adelante, es la disminución a un mínimo en el contenido de proteína, sólidos totales y grasa, y el aumento a un máximo en el contenido de lactosa entre la sexta y la duodécima semana de lactancia, por lo tanto los contenidos mínimos de grasa, proteína y sólidos totales ocurren aproximadamente en el momento de la máxima producción de leche. El contenido de proteína se incrementa lentamente durante todo el

³⁸ BROSTER, W. H. Y SWAN, Henry. Estrategias de alimentación para vacas lecheras de alta producción. México: A.G.T, 1992. p.89.

³⁹ BATH *et al*, Op cit., p .335.

⁴⁰ PHILLIPS, C.J.C. Avances de la ciencia de la producción lechera. Zaragoza: Acribia, 1998. p.287.

⁴¹ RIVERA BARRERO, Julio Cesar. Variación de algunos componentes de la leche en vacas Holstein mestizas. San Juan de Pasto, 1991, p. 41. Trabajo para ascender a la categoría de profesor titular. Universidad de Nariño. Facultad de ciencias pecuarias. Programa de Zootecnia.

resto de la lactancia y puede elevarse muy abruptamente en las pocas últimas semanas, pero solo si las vacas están preñadas⁴².

Bath *et al* afirman que “el porcentaje de materia grasa de la leche disminuye ligeramente los primeros dos a tres meses de la lactancia y luego, aumenta a medida que disminuye la producción total, al avanzar la lactancia, el nivel de lactosa disminuye, mientras que las concentraciones de minerales aumentaran ligeramente en esta época”⁴³.

García, citado por Rivera afirma que:

Los valores de grasa y proteína disminuyen en la primera fase de lactancia y se incrementa en la última, pero el descenso puede atenuarse a través de la nutrición, ya que los niveles altos de energía y proteína evitan disminuciones drásticas en estos componentes. Si en la última etapa de la gestación la vaca es alimentada adecuadamente en la próxima lactancia disminuirán los efectos depresivos de la composición grasa y proteína al comienzo del nuevo ciclo productivo⁴⁴.

De acuerdo con Phillips: “Las variaciones estacionales influyen sobre la composición de ácidos grasos de la leche. La grasa láctea producida en los meses de verano contiene por lo general menos ácido palmítico (16:0) y superiores niveles de ácidos esteárico (18:0) y oleico (18:1) que la grasa láctea producida en meses invernales”⁴⁵.

Para Marshall:

Los factores precisos para altos niveles de producción son: 1) vacas con potencial genético adecuado, 2) uso de alimentos apropiados, 3) vacas alimentadas en suficiente cantidad con raciones correctamente equilibradas, para mantener el tipo de fermentación ruminal que suministre a la ubre un equilibrado conjunto de precursores para la eficaz síntesis de los componentes de la leche⁴⁶.

4.6 DIGESTIBILIDAD *In Situ*

Apráez, establece que:

⁴² BROSTER Y SWAN, Op cit., p.88.

⁴³ BATH *et al*, p.337.

⁴⁴ RIVERA BARRERO, Op cit., p. 43.

⁴⁵ PHILLIPS, Op cit., p.287.

⁴⁶ MARSHALL, Op cit., p.140.

Los análisis bromatológicos, si bien contribuyen a dar una información clara del contenido nutricional de un determinado alimento; todo aquello no permite visualizar los procesos, que este sufre en el tracto digestivo de los animales y que en último reflejan la bondad del pienso, por tanto es importante evaluar la desaparición de los alimentos en su paso por el tracto gastrointestinal⁴⁷.

Church y Pond afirman que:

La determinación de la digestibilidad mediante este método se realiza introduciendo en una bolsa de poliéster con pequeños poros el material a estudiar. Esta bolsa se suspende en el rumen durante periodos determinados de tiempo. Microbios, líquidos y productos finales de la digestión entran y salen a través de los poros. El material que desaparece de la bolsa se considera que ha sido digerido, sin embargo, los resultados se hallan sometidos a errores tanto por entrada como por salida, ya que algunos componentes solubles y partículas pequeñas pueden abandonar la bolsa para ser digeridos y algunos microorganismos pueden entrar en la bolsa durante la fermentación⁴⁸.

Los tiempos de fermentación constituyen uno de los factores determinantes, Orskov⁴⁹, indica que los concentrados requieren de 12 a 36 horas; los forrajes de alta calidad, de 24 a 48h y los forrajes de menor calidad de 42 a 72h.

Otro factor importante es el número de repeticiones tanto de bolsas por animal como de animales por muestra. Al respecto, Dina⁵⁰ menciona que la varianza entre animales es mayor que entre bolsas dentro de un animal, y algo inferior entre series de repeticiones, así mismo la confiabilidad de los valores de digestibilidad esta dada en mayor grado por un aumento en el número de animales que por el número de bolsas por animal, por muestra. Esto obedece principalmente a que hay más variación entre animales por efectos del nivel de consumo, selectividad, características intraruminales, etc. Un número de 2 – 3 animales y dos bolsas por muestra por animal aseguran un coeficiente de variación mínimo y una alta confiabilidad en los valores obtenidos.

⁴⁷ APRAEZ, Edmundo. Análisis químico de los alimentos. Pasto: Universidad de Nariño, 1992. p.21.

⁴⁸ CHURCH Y POND. Op cit., p.185.

⁴⁹ ORSKOV, O. Nutrición proteica de rumiantes. España: Acribia, 1982. p.125.

⁵⁰ DINA *et al.* Validación y estudios comparativos de métodos estimadores de la digestibilidad aparente de alimentos para rumiantes. Validación del método de digestibilidad *in situ* (bolsa de Nylon) y estudio de algunos factores que lo afectan. En: avances en producción animal. Chile. Vol. 11 No. 1-2 (Enero - Diciembre 1986); p. 43.

4.5.1 Factores que afectan la digestibilidad. Villalobos, Gonzáles y Ortega⁵¹ afirman que existe un gran número de factores que afectan la estimación de la degradabilidad en el rumen cuando se utiliza la técnica *In situ*, algunos de ellos son:

- Porosidad de la bolsa. El límite de este factor es difícil de evaluar y depende del tamaño de la partícula de la muestra, así como la naturaleza y el tipo de alimento que se va a evaluar.
- Tamaño de la muestra. La cantidad exacta de muestra que debe ser incubada y el tamaño de la bolsa dependen del ingrediente en estudio y del tiempo total de incubación, lo mismo que del número de análisis químicos que se pretenda realizar.
- Tamaño de la partícula de la muestra. Se sugiere que los forrajes (>60% de materia seca) se muelan en una malla de 5 mm. El molido sirve para uniformizar y reducir variación en el muestreo y en la medición de la tasa de digestión.
- Efectos de la dieta. La situación ideal para estimar la degradabilidad de un alimento, debe ser la más cercana a la dieta que se va a utilizar.
- Contaminación microbial. Debido al íntimo contacto de las muestras con la microflora ruminal, la contaminación con constituyentes microbiales es un obstáculo irreversible, así como la fuente de variación asociada con la estimación real de la digestibilidad *In situ*.
- Efecto del lavado. El lavado de las bolsas tiene como objetivos detener la actividad microbial, y eliminar todas las partículas adheridas a la bolsa, debido al líquido ruminal.

⁵¹ VILLALOBOS, Carlos; GONZÁLES, Eduardo y ORTEGA, José Alfonso. Técnicas para estimar la degradación de la proteína y materia orgánica en el rumen y su importancia en rumiantes en pastoreo. En: Técnica pecuaria en México. México, Vol. 38, No. 2; (mayo – agosto, 2000); p.119-134.

5. DISEÑO METODOLOGICO

5.1 LOCALIZACION

El presente trabajo se realizó en la sección de Bovinos Leche del Centro de Investigación C.I Obonuco de CORPOICA; a 5 Km al sur occidente de la ciudad de San Juan de Pasto, a una altura de 2710 m.s.n.m., precipitación anual de 840 mm, temperatura promedio de 13° C y humedad relativa de 87.45%⁵².

5.2 AREA EXPERIMENTAL

La evaluación agronómica y bromatológica del forraje en pie se llevó a cabo en tres lotes de una hectárea divididos en cuatro parcelas de 2500 m² en las cuales se ubicaron al azar cada uno de los tratamientos.

5.3 PRUEBA DE PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE LA LECHE

5.3.1 Animales. Se utilizaron ocho vacas Holstein mestizo entre segundo y tercer parto, en primera y segunda fase de lactancia, con peso promedio de 520kg, animales que fueron desparasitados previamente al ensayo.

5.3.2 Alimento y alimentación. Los animales recibieron como alimento base ensilaje de avena Línea 15/85, Cayuse y Obonuco Triticale 98, inicialmente se sometieron a una etapa de acostumbramiento durante 10 días, en la cual se incluyó en forma paulatina y progresiva el ensilaje hasta que éste constituyó el total de la dieta base; adicionalmente se suministró suplemento elaborado, de acuerdo a los requerimientos del animal de sal mineralizada a voluntad.

5.3.3 Instalaciones y equipos. Se utilizaron corrales individuales de 3 por 2 m con techo de zinc y piso en concreto; cada corral provisto de un comedero y bebedero automático. También la sala de ordeño para control diario de la producción y toma de muestras.

5.4 PRUEBA DE DIGESTIBILIDAD *In situ*.

5.4.1 Animales. Se utilizaron cuatro novillos Holstein de un año de edad y peso promedio de 200 kg, provistos de cánula ruminal tipo T simple elaborada en tubo PVC, con diámetro de tres pulgadas. Estos animales fueron desparasitados previamente al ensayo y permanecieron en pastoreo en con el resto del hato.

⁵² Plegable CORPOICA, Regional No. 5, 1996.

5.5 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La valoración agronómica y bromatológica del forraje en pío se realizó por medio de un diseño de bloques completos al azar con cuatro réplicas por tratamiento. El mismo diseño se utilizó para la determinación de digestibilidad *in situ*.

En la prueba de producción y calidad de la leche se utilizó un diseño en cuadrado latino constituido por ocho animales, dos por tratamiento correspondientes a las columnas, cuatro periodos que corresponden a las filas y cuatro dietas o tratamientos (Tabla 2).

Este experimento tuvo una duración de 60 días divididos en cuatro periodos de 15 días cada uno, correspondiendo 10 días de adaptación al alimento y 5 días para toma de muestras y recolección de la información correspondiente; en cada periodo los animales recibieron una ración diferente de manera que todos los animales pasaron por cada uno de los tratamientos.

5.6 TRATAMIENTOS

En la valoración agronómica y bromatológica del material en pío y ensilado como también en la determinación de la digestibilidad *In situ* se evaluó el forraje proveniente de los siguientes tratamientos:

- Tratamiento 1 (T1) testigo kikuyo (KK)
- Tratamiento 2 (T2) avena L- 15/85 (L-15)
- Tratamiento 3 (T3) avena Cayuse (CY)
- Tratamiento 4 (T4) Obonuco Triticale 98 (OT)

Tabla 2. Distribución de los tratamientos para la prueba de comportamiento.

Animales				
Períodos	A	B	C	D
1	T1	T2	T3	T4
2	T2	T3	T4	T1
3	T3	T4	T1	T2
4	T4	T1	T2	T3

5.6.1 Modelos propuestos. Para las evaluaciones del forraje en pío y forraje ensilado se propuso el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + B_j + T_i + E_{ij}, \text{ donde:}$$

Y_{ij} = variable de respuesta.

μ = media general.
B_j = efectos debidos al bloque
T_i = efecto del tratamiento
E_{ij} = error experimental

Para la respuesta animal:

$Y_{ijk} = \mu + H_k + C_j + T_i + E_{ijk}$, donde:
Y_{ijk} = variable de respuesta.
 μ = media general.
H_k = efecto de la hilera
C_j = efecto de la columna
T_i = efecto del tratamiento
E_{ijk} = error experimental

Los datos obtenidos en las diferentes variables se procesaron con el paquete estadístico SAS 2000, la comparación de medias se realizó por medio de la prueba de Tukey.

5.6.2 Formulación de hipótesis.

- a. $H_0 = T_1 = T_2 = T_3 = T_4$; Todos los tratamientos son iguales, no existe efecto atribuible a los tratamientos.
- b. $H_a = T_1 \neq T_2 \neq T_3 \neq T_4$; Todos los tratamientos son diferentes, existe efecto atribuible a los tratamientos.

5.7 VARIABLES EVALUADAS

5.7.1 Agronómicas:

a. **Producción de biomasa seca.** Se determinó por medio de análisis proximal de Weende según metodología descrita por AOAC (1995, 150-180). Las muestras de forraje se recogieron de acuerdo a la metodología descrita por Apráez (1992, 3).

b. **Índice de área foliar.** Para el cálculo de esta variable se tuvo en cuenta la metodología descrita por Bernal (1994, 87) según el cual de las hojas intermedias se toma un cm y se pesa, con base en la producción de biomasa y la relación hoja: tallo.

c. **Altura de las plantas.** Se midió la altura tomada desde el cuello de la raíz hasta la punta de la hoja más larga.

5.7.2 **Bromatológicas.** En el material en pie se realizó mediante análisis proximal de Weende para materia seca, extracto etéreo, extracto libre de

nitrógeno y fibra bruta, de Kjeldhal para proteína y de Van Soest para FDN, FDA y hemicelulosa. La energía bruta se calculó mediante la ecuación propuesta por Oskar Kellner Institute, citado por Rodríguez (1978).

En el material ensilado se realizaron las mismas determinaciones antes mencionadas y adicionalmente se midió, pH y algunas variables microbiológicas como recuento de bacterias lácticas, clostridicas y hongos, físicas como color y olor. (Wernly y Ojeda citados por Ruiz y Ruiz, 1990, 179).

5.7.3 Prueba de digestibilidad *In situ*. Esta se realizó sobre las muestras obtenidas del material en pie y ensilado. Se determinó digestibilidad de las fracciones: materia seca, proteína cruda, FDN FDA y hemicelulosa siguiendo el método de la bolsa de nylon descrito por Orskov (1982, 53-56).

Los anteriores análisis se realizaron en los Laboratorios de Nutrición Animal y Microbiología de la Universidad de Nariño.

5.8 PRUEBA DE COMPORTEAMIENTO

5.8.1. Consumo de alimento. se determinó por diferencia de peso entre la cantidad de ensilaje ofrecida y la rechazada.

5.8.2. Producción y calidad de leche. Se registró la producción diaria individual. Para determinar los constituyentes de la leche se hicieron pruebas durante los últimos tres días de cada período experimental, se tomó 250 cm³ de la leche producida por vaca/día. Las muestras de leche, una vez obtenidas fueron refrigeradas y transportadas al laboratorio, donde se procesaron de acuerdo a las siguientes metodologías:

- **Materia grasa:** Gerber B.S 696:1969 FIL-IDF 105:1981 Milko Tester A.O.A.C. 1970.
- **Proteína:** Pro Milk A.O.A.C 1970 Formol. F.M. Luquet Chaire Industric Laitiere Dova, 1971 Kjeldahl FIL-IDF 20: 1962.
- **Sólidos totales:** Por fórmula:
- **ST:** $1.2 \times \% \text{grasa} + L/4$
- **Sólidos no grasos:** $0.2 \times \% \text{grasa} + L/4$
- **Densidad:** Densidad. NEN 958 Holanda.
- **Acidez:** Norblad N 913, Holanda.
- **Nitrógeno ureico:** Técnica de Biuret (Manual de Química de Laboratorios asociados de Nariño, 2002)

5.8.3. Condición corporal y cambios de peso vivo. Para esto se pesaron en báscula al principio y al final de cada tratamiento. La condición corporal se calificó de 1-5 al inicio y al final del ensayo de acuerdo a la metodología descrita por Wildman et al (1982, 65).

5.9 ANÁLISIS PARCIAL DE COSTOS.

La viabilidad económica de los factores en estudio se determinó siguiendo la metodología para la evaluación económica de proyectos de investigación agropecuaria propuesta por Cino y De Armas (1996, 19-56).

6. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Como se mencionó en el acápite de diseño metodológico, las variables Agronómicas, Bromatológicas y Digestibilidad *In situ*, se midieron tanto en el forraje en pie (antes de ensilar) como ensilado; por ello, la discusión se abordará por separado en las dos fases.

6.1 COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DEL FORRAJE EN PIE

Los resultados de las diferentes variables evaluadas se resumen en la tabla 3.

Tabla 3. Variables agronómicas del forraje en pie.

Forraje	Base Fresca (t/ha)	Base Seca (t/ha)	Índice de área foliar	Altura	Precocidad	Capacidad de carga
KK	11.1	2.265 ^c	2.87 ^a	12.73 ^c	90	1.0 ^d
L-15	25.6	6.482 ^a	3.212 ^a	102.68 ^a	107	3.6 ^a
CY	27.23	5.234 ^b	3.372 ^a	87.42 ^b	140	1.8 ^c
OT	16.88	5.440 ^b	1.515 ^b	88.95 ^b	107	2.3 ^b

Fuente: laboratorio de bromatología Universidad de Nariño

6.1.1 Producción de Biomasa. El análisis estadístico (anexo A) reveló diferencias ($P < 0.01$) entre los forrajes. Avena L-15 (L-15), presentó la mayor producción de biomasa con 6.48 t/MS/ha, seguida en su orden por Obonuco Triticale 98 (OT) y avena Cayuse (CY) con 5.44 y 5.23 t/ha respectivamente, la menor se obtuvo en kikuyo (KK) 2.26 t/ha (Tabla 3).

El comportamiento observado en L-15 se puede atribuir a su mejor adaptación a las condiciones edafoclimáticas de la zona, pues a pesar de ser una planta exigente en agua (600-1000 mm/periodo vegetativo) respondió en forma positiva, mostrando mayor resistencia a la baja precipitación durante la época en la que se efectuó el ensayo (280-320 mm, promedio marzo-junio) (Estación meteorológica C.I Obonuco, 2002)

Al respecto, Crespo *et al* citado por Moncayo y Acosta, sostienen que “las

condiciones climáticas como precipitación y humedad relativa juegan un papel decisivo en la producción de biomasa, sin embargo, algunas gramíneas presentan características que les permiten sobrevivir en condiciones adversas”⁵³.

Vásquez y Torres⁵⁴ por su parte mencionan que no todas las plantas pueden soportar iguales estados de sequía, los procesos fisiológicos están determinados por el balance entre el agua almacenada en el suelo, la contenida en la planta y la pérdida por transpiración; la carencia causa una disminución en la fotosíntesis y por consiguiente afecta el crecimiento y desarrollo de la planta, expresándose en una menor producción de biomasa.

En general, el rendimiento de biomasa seca fue menor al obtenido por Báez⁵⁵, quien encontró producciones de 18.01t/ha en avena CY, 15.94 en L-15 y 14.27 en OT, que se pueden justificar por las condiciones climáticas favorables en las que el autor realizó el experimento.

6.1.2 Índice de área foliar (IAF). El IAF (anexo A) reveló diferencias ($P < 0.01$) entre forrajes. El mayor correspondió a CY (3.37), seguida de L-15 (3.21), KK (2.87) y OT (1.51) (Tabla 3).

Los mayores resultados de CY y L-15 pueden atribuirse a la mayor área foliar obtenida por ellas puesto que, según Soto: “Una mayor área foliar aumenta el aprovechamiento de luz incidente que la planta utiliza en sus procesos de fotosíntesis para la formación de sus tejidos”⁵⁶.

En este mismo sentido Bernal⁵⁷, expresa que la cantidad de luz interceptada por la superficie foliar incide significativamente en la eficiencia de su utilización, por lo cual es importante la conservación de un área foliar capaz de interceptar una gran proporción de la luz incidente para la producción de las plantas forrajeras.

⁵³ ACOSTA, Wilmer. Y MONCAYO, Oscar. Valor nutritivo del pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum* *Hoechst*) bajo dos sistemas de labranza y diferentes niveles de fertilización orgánica y/o mineral en zona de ladera. San Juan de Pasto, 2002, p. 150. Trabajo de grado (Zootecnista). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Programa de Zootecnia.

⁵⁴ VÁSQUEZ, Edith Y TORRES, Sinesio. Fisiología vegetal. La habana: Pueblo y educación, 1995. p.300.

⁵⁵ BAEZ, Fernando. Investigación adaptativa y transferencia de tecnología en el uso del horno forrajero como alternativa para producir ensilaje sin maquinaria para la alimentación de bovinos durante la época de sequía en el Altiplano de Nariño. San Juan de Pasto: CORPOICA, 2000. p.16.

⁵⁶ SOTO, Luis. Digestibilidad y consumo del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* *Hoechst*) en ovinos bajo fertilización nitrogenada. Bogotá, 1979, p. 53. Trabajo de grado (Magíster Scientiae). Universidad Nacional. Programa de estudios para graduados en Ciencias Agrícolas.

⁵⁷ BERNAL, Op cit., p. 22.

El bajo IAF observado en OT podría explicarse por la mayor proporción de tallos de este forraje atribuible a las características fitogenéticas de esta gramínea.

6.1.3 Altura de las plantas. Hubieron diferencias ($P < 0.01$) entre los forrajes (anexo A). La mayor altura se registró en L-15 (102.68 cm), luego OT (88.93 cm), CY (87.42 cm) y KK (12.73 cm) (Tabla 3).

El crecimiento logrado por L-15 pudo darse como resultado de su mejor adaptación y resistencia a la baja precipitación, y quizá a su mayor habilidad para aprovechar el nitrógeno presente en el suelo; al respecto CIAT, afirma que “el incremento en la altura de la planta, puede producir sombreado en la superficie del suelo, estimulando absorción de nitrógeno y por ende el crecimiento, tamaño foliar y biomasa total”⁵⁸.

Comportamiento contrario se observó en KK, probablemente por la baja humedad del suelo. A propósito el CIAT manifiesta que “un nivel bajo de humedad, puede ocasionar “impedancia mecánica”, ya que la ausencia de agua intensifica el componente cohesivo que impide el normal crecimiento de la raíz, sumado al efecto de acolchonamiento que presenta este pasto”⁵⁹.

6.2 CARACTERIZACIÓN BROMATOLÓGICA DEL FORRAJE EN PIE

La tabla 4 presenta la composición de los forrajes. Las principales diferencias ($P < 0.01$) se observaron en el contenido materia seca (MS), proteína, fibra detergente neutro (FDN) y extractos libres de nitrógeno (ELN); y menores ($P < 0.05$) en fibra cruda, extracto etéreo (EE), hemicelulosa y energía digestible (ED); mientras que fibra detergente ácida (FDA) no reveló diferencias.

Se encontraron diferencias ($P < 0.01$) en contenido de materia seca (Anexo B), en su orden de mayor a menor se dieron en OT (32.22%), avena L-15 (25.3%), KK (20.4%) y CY (19.22%). El nivel de MS en OT puede atribuirse a la mayor proporción de carbohidratos estructurales presentes en los tallos, o quizá a su menor resistencia al déficit hídrico.

A propósito, la época en que se realizó el ensayo se caracterizó por la baja precipitación, situación que provocó un aumento de carbohidratos, y por ende afectó el IAF de todos los forrajes en estudio. Al respecto, Bernal⁶⁰ menciona que

⁵⁸ CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). Establecimiento y renovación de pasturas. México: CIAT. Noviembre de 1988. p. 129.

⁵⁹ Ibid., p.130.

⁶⁰ BERNAL, Op cit., p. 94.

“la sequía aumenta la concentración de carbohidratos en los tejidos vegetativos, y con ello la MS de los mismos”.

Tabla 4. Composición bromatológica del forraje en pie

Forraje	MS	Proteína	Fibra cruda	Extracto etéreo	FDN	FDA	Hcel	Energía digestible (Mcal/kg)	ELN
KK	20.4 ^c	10.21 ^a	33.94 ^{ab}	2.67 ^a	64.48 ^{bc}	34.79 ^a	29.68 ^{ab}	2.38 ^b	42.12 ^c
L-15	25.3 ^b	7.35 ^{bc}	35.05 ^{ab}	2.59 ^a	70.61 ^a	31.01 ^a	39.6 ^a	2.52 ^{ab}	48.16 ^b
CY	19.22 ^d	5.57 ^c	31.17 ^b	1.83 ^b	60.24 ^c	33.35 ^a	26.89 ^b	2.65 ^a	55.29 ^a
OT	32.22 ^a	8.68 ^{ab}	37.19 ^a	1.67 ^b	68.55 ^b	33.95 ^a	34.59 ^{ab}	2.38 ^b	44.09 ^c
ES (±)	0.099	0.254	0.537	0.073	0.791	2.81	3.56	0.02	0.4551

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

Fuente: Laboratorio de nutrición animal Universidad de Nariño

El contenido de proteína (Anexo B) mostró diferencias (P<0.01) a favor de KK (10.2%), seguido de OT (8.68%) y avena L-15 (7.35%), el menor valor se encontró en CY (5.75%), el cual es explicable por la mayor edad a la que se cortó.

Si bien la condición de pasto perenne le permitió a KK mantener un contenido de proteína estable, el rendimiento por unidad de área (kg/ha) no fue el mejor, correspondiendo el mayor a L-15 (476.42), seguida de OT (472.19), CY (291.53) y KK (231.25).

Al respecto, Rook y Thomas⁶¹ manifiestan que es importante tener en cuenta los cambios que ocurren a medida que las plantas maduran, los cuales están asociados con una reducción en la proporción de hojas, y alteraciones en la composición de ellas y los tallos, consecuentemente, disminuyen los contenidos en carbohidratos solubles, proteínas y lípidos, mientras que se incrementan la celulosa, hemicelulosa y lignina.

En un estudio de seis forrajes y mezclas, Báez⁶² encontró que: “El porcentaje de proteína cruda (PC) tiende a disminuir a medida que avanzan los cortes, alcanzando en el tercero (126 días) contenidos de 6.40% en avena Cayuse; 6.10 en L-15, 6.10% y 7.38% en Obonuco Triticale 98”.

⁶¹ ROOK J.A.F. Y THOMAS C. Ensilaje para producción de leche. Agropecuaria Hemisferio Sur. 1981. p. 21.

⁶² BÁEZ, Ajuste, validación y transferencia de tecnología en el manejo de Obonuco Triticale 98, para sostener los niveles productivos de leche y peso vivo en épocas de sequía en zonas de economía campesina del sur del departamento de Nariño. Op cit., p. 91.

La fibra cruda (Anexo B) presentó diferencias entre forrajes ($P < 0.05$), OT fue mayor (37.19%), avena CY menor (31.17%), L-15 y KK presentaron valores intermedios (35.05% y 33.94% respectivamente), como se observa en la tabla 4.

Los resultados de OT, pueden atribuirse al mayor contenido de carbohidratos estructurales de sus tallos; puesto que, como se anotó antes, esta gramínea tuvo mayor proporción de estas estructuras. Al respecto, Bernal⁶³ menciona que las características morfológicas de las plantas como relación de hojas a tallos, están determinadas por su constitución genética.

Se observaron diferencias ($P < 0.05$) en el extracto etéreo (anexo B). Los mayores valores se presentaron en KK (2.67%) y avena L-15 (2.59%), y los menores en CY (1.83%) y OT (1.67%) (Tabla 4).

Los resultados observados, permiten afirmar que los forrajes estuvieron dentro del rango reportado por Apréaz, que es de 1.5% y 3.0%. No obstante, Maynard⁶⁴ precisa que el E.E no es un indicador exacto de la cantidad de grasa, ya que además de lípidos contiene pigmentos vegetales como clorofila, xantofila y carotenos, así como trazas de otras diversas sustancias.

El nivel de FDN fue diferente ($P < 0.01$) entre forrajes (anexo B), el mayor valor se dio en avena L-15 (70.6%), luego de OT (68.55), KK (64.48%) y CY (60.24%) (Tabla 4).

Estos resultados se consideran adecuados ya que para Bernal “los componentes de la pared celular incluidos en la fracción FDN, constituye entre el 40 y 80% de la MS”⁶⁵, sin embargo, los niveles especialmente de L-15 y OT, pudieron estar relacionados con una mayor cantidad de carbohidratos estructurales y bajo contenido de carbohidratos solubles, como consecuencia de una baja humedad y disponibilidad de nutrientes.

Al respecto Vásquez Torres, coinciden en expresar que:

La baja humedad del suelo, causada por la baja precipitación, puede influir en el aumento de la fracción FDN, ya que en estas condiciones los nutrientes del suelo presentes en solución con el agua edáfica se encuentran muy concentrados formando sales cristalizadas las cuales deben esperar nuevamente la aparición de las lluvias para hacerse disponibles por la planta, caso en el cual la deposición de carbohidratos

⁶³ BERNAL, Op cit., p. 94.

⁶⁴ MAYNARD *et al.* Nutrición Animal. México : McGraw- Hill, 1992. p.113.

⁶⁵ BERNAL, Op cit., p. 104.

estructurales se realiza como un sistema de sobrevivencia a condiciones de sequía⁶⁶.

La fibra detergente ácida (FDA), no reveló diferencias entre tratamientos (anexo B), encontrándose en un rango de 31.01% y 34.79%, resultados similares a los encontrados por Báez⁶⁷: 32.07% en avena Cayuse, 31.11% en L-15 y 29.63% en OT, quien no encontró diferencias significativas en esta fracción.

En el contenido de hemicelulosa hubieron diferencias ($P < 0.05$) entre forrajes (anexo B). Avena L-15 fue el más alto (39.6%); CY más bajo (26.89%); en tanto que OT y KK presentaron valores intermedios 34.59% y 29.68% respectivamente.

Los resultados encontrados, fueron superiores a los citados por Bernal, quien afirma que "los valores para hemicelulosa generalmente se encuentran entre 15 y 21%, pero, pueden variar significativamente de acuerdo a la época de corte, estación del año, fertilización y fertilidad de los suelos, llegando a superar a 30% en gramíneas tropicales de clima frío"⁶⁸.

El extracto libre de nitrógeno (ELN) fue diferente ($P < 0.05$) entre las gramíneas evaluadas (anexo B). Se verificó la superioridad de avena CY (55.29%) frente a los demás, avena L-15 (48.16%), OT y KK presentaron los valores más bajos (44.09% y 42.12% respectivamente). Estos resultados quizás estuvieron relacionados con los altos contenidos de fibra bruta, lo que causó un descenso en esta fracción.

La energía digestible presentó diferencias ($P < 0.05$) entre forrajes (anexo B), el mayor contenido se observó en avena CY (2.65 McalED/kg), luego L-15 (2.5McalED/kg); los menores valores fueron para KK y OT 2.38 McalED/kg para cada uno (Tabla 4).

Los resultados obtenidos mediante el experimento, son superiores a los señalados por CORPOICA⁶⁹ para los pastos tradicionales, que oscilan entre 1 y 2 Megacalorías.

⁶⁶ VASQUEZ, E. y TORRES, S. Fisiología vegetal. La Habana, Cuba: Pueblo y educación. 1987. p. 90.

⁶⁷ BÁEZ, Ajuste, validación y transferencia de tecnología en el manejo de Obonuco Triticale 98, para sostener los niveles productivos de leche y peso vivo en épocas de sequía en zonas de economía campesina del sur del departamento de Nariño. Op cit., p.96.

⁶⁸ BERNAL, Op cit., p104.

⁶⁹ CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA (CORPOICA). Compendio alternativas no convencionales para la nutrición de rumiantes. Pasto: Produmedios, 1994. p.8.

El contenido energético de las avenas CY y L-15, se puede atribuir a la buena utilización de los nutrientes del suelo que incrementaron el área foliar, y con ella la disponibilidad de nutrientes; para Bernal⁷⁰, lo anterior le permite a la planta optimizar los procesos de fotosíntesis y síntesis de reservas, especialmente carbohidratos no estructurales y polisacáridos que constituyen para la planta una fuente importante para el almacenamiento de energía.

6.3 CARACTERIZACIÓN MICROBIOLÓGICA DEL ENSILAJE

Los datos encontrados están consignados en la tabla 5. De mayor a menor la población de bacterias lácticas se presentó en el siguiente orden: avena L-15 (46×10^4), CY (34×10^4) y OT (29×10^3), comportamiento que estuvo directamente relacionado con los valores de pH observados, los cuales fluctuaron entre 4.05 y 4.5 y la humedad entre 67.98 y 74.25%. Según CORPOICA, “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 dorado, ausencia de hongos, y un olor y sabor azucarado agradable”⁷¹.

Respecto a lo anterior, se puede mencionar que en los ensilajes de avena CY y L-15 predominó la fermentación láctica sobre la acética y butírica; lo cual le confiere al silo una eficiencia máxima desde el punto de vista de la conservación. Situación contraria a la obtenida con OT, que presentó mayores pérdidas en las capas superficiales por presencia de hongos. Esto posiblemente se originó en la estructura de la planta, específicamente en sus tallos huecos y duros, que actuaron como cámaras de aire, y dificultaron la extracción del mismo durante la compactación.

Tabla 5. Caracterización microbiológica de ensilaje.

Ensilaje	Bacterias Totales	Bacterias lácticas	Clostridios	Mohos y Levaduras	PH
L-15	56×10^6	34×10^4	10×10^2	230×10^4	4.05
CY	67×10^5	46×10^4	9×10^4	250×10^5	4.1
OT	43×10^4	29×10^3	7×10^3	195×10^8	4.5

Bernal menciona que:

El ácido producido reduce el pH del silo a 4.2 ó menos; a este pH se inhibe el desarrollo bacteriano, las reacciones enzimáticas y se puede preservar el ensilaje. Cuando la humedad del material y el pH son altos se

⁷⁰ BERNAL, Op cit., p.98.

⁷¹ CORPOICA, Op cit.,p. 48.

desarrollan bacterias indeseables del género Clostridium, las cuales producen ácido butírico, amoniaco y aminas, características de materia orgánica en descomposición y por lo tanto indicativa de un ensilaje de mala calidad⁷².

Así mismo, afirma que “el ácido láctico es producido por bacterias anaeróbicas, que inicialmente se encuentran presentes en pequeñas cantidades, luego aumentan su número hasta varios millones por gramo de forraje; estas bacterias actúan sobre los carbohidratos disponibles en el forraje para producir ácido láctico y pequeñas cantidades de los ácidos acético, propiónico, fórmico y succínico”⁷³.

Las propiedades organolépticas, tales como: color, olor y textura fueron uniformes en los tres tipos de ensilaje; el color dominante fue pardo claro, olor a fruta madura ligeramente ácido y textura firme. Atributos deseables en un ensilaje de buena calidad; por tanto, puede afirmarse que el proceso fue correcto y los ensilajes obtenidos de buena calidad.

6.4 CARACTERIZACIÓN BROMATOLÓGICA DEL ENSILAJE

La composición bromatológica de los ensilajes de avena L-15, CY y OT, se presentan en la tabla 6.

Tabla 6. Caracterización bromatológica del ensilaje.

Ensilaje	Materia Seca	Proteína	Extracto etéreo	FDN	FDA	HCEL	McalED /kg
L-15	27.07	11.56	2.0	46.34	25.34	21.0	2.36
CY	25.75	8.14	2.56	42.69	24.72	17.97	2.34
OT	32.02	10.08	1.51	43.14	23.53	19.61	2.35

El contenido de MS de los tres ensilajes estuvo dentro de los rangos aceptables de un ensilaje de buena calidad, sin embargo, avena CY y L-15 presentaron incrementos en MS y proteína, respecto al forraje en pie, OT sólo aumentó el tenor proteico.

El aumento de materia seca en los ensilajes mencionados se puede explicar por las pérdidas de lixiviados durante el proceso de conservación, dado que estos revelaron los menores contenidos de MS antes de ensilar, avena L-15 (25.3%) mostró el mínimo valor sugerido y CY (19.22%) se alejó del rango recomendado por Zapata quien afirma que:

⁷² BERNAL, Op cit., p. 250.

⁷³ Ibid., p. 251.

El contenido óptimo de MS para la mayoría de los cultivos es de 25-32%, porcentajes inferiores producen material mal conservado, alto pH, elevado contenido de ácido butírico y pérdida de nutrientes; por estas razones el contenido de materia seca debe ser suficientemente alto, para evitar excesivas pérdidas por efluentes y suficientemente baja para prevenir elevadas temperaturas⁷⁴.

Coincidentemente Mila afirma que: “El porcentaje óptimo de humedad es del 75% para la mayoría de forrajes. Si la humedad se encuentra por encima del 80% en el proceso de apisonamiento habrá pérdidas de carbohidratos por lixiviación, se elevará el pH y se fomentará una fermentación indeseable, por el contrario si la humedad es de 60%, el ensilaje resultará recalentado, mohoso y de bajo valor nutritivo.”⁷⁵.

El contenido de proteína cruda de los forrajes en pie respecto a los ensilajes se incrementó en 4.21% en avena L-15, 2.57% en CY y 1.4% en OT; lo cual es sorprendente, pues Church y Pond afirman que “el valor nutritivo de un forraje ensilado nunca es mejor que el cultivo verde”⁷⁶, por lo que se presume que este incremento pudo estar relacionado con fuentes de variación al interior de cada uno de los laboratorios donde se realizaron los análisis; como también a errores en la toma, transporte, y manejo de la muestra; se especula que quizá no se identificó el tipo de nitrógeno presente y se asumió que el calculado era nitrógeno proteico, producto de la contaminación de la muestra con el medio que ocasionara el crecimiento de hongos fijadores de nitrógeno.

Los valores energéticos (McalED/kg) fueron similares en los tres ensilajes avena L-15 (2.36), CY (2.34) y OT (2.35), no obstante, fueron menores al forraje en pie.

6.5 DEGRADABILIDAD RUMINAL *In situ* DEL FORRAJE EN PIE Y ENSILADO.

Se evaluó la degradabilidad ruminal de las fracciones MS, Proteína, FDN, FDA y hemicelulosa en los forrajes y ensilajes a las 24, 48 y 72 horas (ANDEVAS, anexos C a I). La tabla 7 resume los resultados obtenidos.

6.5.1 Materia seca. Tanto el forraje como el ensilaje presentaron una tendencia normal de desaparición en función del tiempo de incubación (Tabla 7), mostrando una rápida degradación por parte de los microorganismos ruminales desde las 24h.

⁷⁴ ZAPATA , Op cit., p.17.

⁷⁵ MILA, Op cit., p. 165.

⁷⁶ CHURCH y POND, Op cit., p. 309.

Tabla 7. Coeficientes de digestibilidad *In situ* del forraje (F) y ensilaje (ENS).

TTO	TIEMPO	MS		PROTEÍNA		FDN		FDA		HEMICEL	
		F	ENS	F	ENS	F	ENS	F	ENS	F	ENS
KK	24	49.76 ^c	—	67.59 ^b	—	41.91 ^c	—	20.64 ^c	—	77.66 ^{a,b}	—
L-15	24	54.90 ^b	34.57 ^a	63.24 ^c	54.22 ^a	50.18 ^b	29.08 ^b	24.02 ^b	26.73 ^b	77.48 ^a	31.91 ^a
CY	24	63.47 ^a	30.90 ^a	82.20 ^a	26.57 ^c	59.92 ^a	44.17 ^a	29.24 ^b	36.86 ^a	71.80 ^b	52.25 ^a
OT	24	55.38 ^b	27.32 ^a	57.28 ^d	47.08 ^b	54.77 ^{ab}	36.67 ^{ab}	41.05 ^a	25.25 ^b	56.61 ^c	48.50 ^a
KK	48	64.76 ^b	—	76.41 ^{a,b}	—	58.97 ^b	—	29.85 ^c	—	86.40 ^{a,b}	—
L-15	48	60.92 ^b	65.43 ^b	70.05 ^b	88.56 ^a	56.76 ^b	51.84 ^b	44.74 ^{ab}	33.16 ^b	84.11 ^b	74.25 ^a
CY	48	81.89 ^a	67.81 ^b	84.23 ^a	56.49 ^c	83.41 ^a	57.13 ^a	58.30 ^a	49.64 ^a	91.51 ^a	65.21 ^a
OT	48	71.69 ^{ab}	75.18 ^a	73.66 ^{a,b}	65.85 ^b	66.48 ^{ab}	58.97 ^a	43.18 ^{ab}	46.84 ^a	70.92 ^c	71.58 ^a
KK	72	64.96 ^c	—	76.67 ^b	—	59.70 ^c	—	35.14 ^b	—	94.00 ^a	—
L-15	72	73.24 ^b	73.04 ^c	79.91 ^{a,b}	93.02 ^a	67.35 ^{bc}	61.57 ^b	51.64 ^{ab}	41.02 ^c	84.89 ^c	86.35 ^a
CY	72	83.96 ^a	81.61 ^a	87.81 ^a	64.66 ^c	86.48 ^a	72.67 ^a	60.23 ^a	69.03 ^a	92.37 ^a	76.62 ^a
OT	72	75.11 ^b	77.20 ^b	81.07 ^{ab}	83.45 ^b	72.62 ^b	63.34 ^b	51.24 ^{ab}	49.99 ^b	88.64 ^b	77.23 ^a

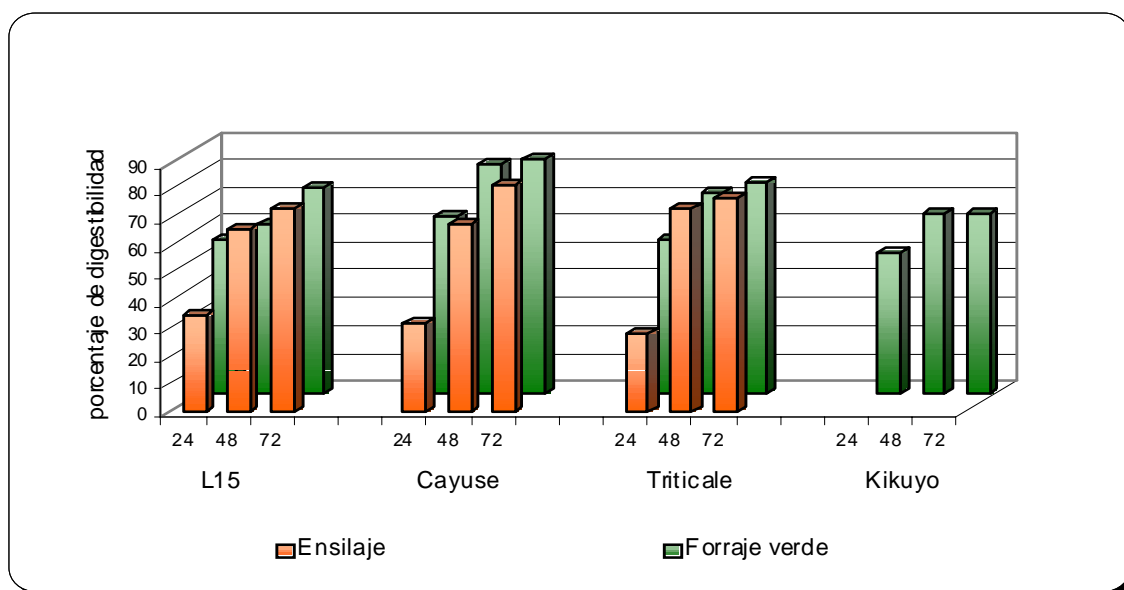
Letras iguales en la misma columna no presentan diferencias estadísticas significativas (P<0.05)

Hacia las 48h se observaron incrementos importantes en la degradación, y a las 72h se obtuvieron los máximos coeficientes de digestibilidad (Figura 1).

El análisis de varianza a las 72h reveló diferencias (P<0.01) en los forrajes (Anexo E) a favor de las líneas de avena, la mayor degradabilidad la mostró CY (83.96%), seguida de OT (75.11%) y L-15 (73.24%), la menor fue para KK (64.96%).

Las mayores digestibilidades, pueden atribuirse al estado fenológico en el momento del corte, ya que se realizó en estado de grano lechoso. Sin embargo, la mayor degradabilidad alcanzada en CY, se debe posiblemente a que esta variedad tuvo un mayor contenido de carbohidratos solubles, los cuales pudieron favorecer su digestión en rumen.

Figura 1. Digestibilidad *In situ* de Materia seca



En contraposición, la baja degradabilidad obtenida en KK puede explicarse por la procedencia del material, pues venía de una pradera establecida hace varios años, y de acuerdo con Bernal⁷⁷ la edad de la planta afecta su composición vertical.

De otra parte, la degradación de los ensilajes a las 72h presentó diferencias ($P < 0.01$) (Anexo H), y al igual que en el forraje en pie, avena CY mostró mayor degradación (81.61%), seguida de OT (77.20%) y L-15 (73.04%).

La mejor digestibilidad de CY, obedeció quizá a la presencia de carbohidratos solubles que permitieron una eficiente fermentación, lo cual se vió reflejado no solo en la degradabilidad de esta fracción sino, en todas a excepción de la proteína como se verá más adelante. No obstante, estos resultados deben conjugarse con el rendimiento agronómico y el índice de productividad antes de poder establecer recomendaciones definitivas.

⁷⁷ BERNAL, Op cit. p.96.

Las menores digestibilidades encontradas en L-15 y OT, posiblemente estuvieron relacionadas con el contenido de MS y el proceso de ensilaje, factores que causaron pérdidas de nutrientes en los efluentes. Al respecto, Zapata⁷⁸ menciona que uno de los factores que afecta al ensilaje es la compactación del forraje; si el pisado ha sido deficiente, se presentará filtración de aire y elevaciones de temperatura, con la consecuente pérdida de carbohidratos solubles y marcada disminución de la digestibilidad de los nutrientes.

Adicionalmente, la degradabilidad ruminal pudo afectarse debido a que los microorganismos no contaron con los nutrientes necesarios para su desarrollo o quizás fueron degradados en otro punto del tracto digestivo. En este sentido Mc Donald, Edwards y Greenhalgh afirman que:

Los nutrientes pueden digerirse en distintas partes del tracto digestivo. Los componentes de los alimentos que se digieren y absorben en un punto determinado, pueden dar lugar a nutrientes muy distintos a los que se producen si la digestión se realiza en otro, de modo que el valor nutritivo de dicho componente depende, no solo del grado en que es digerido sino también del lugar de digestión⁷⁹.

Bondi manifiesta que:

La degradación química de los alimentos en el retículo-rumen se realiza por las enzimas segregadas por los microorganismos y no por el propio animal. La importancia de la digestión microbiana que tiene lugar en el rumen viene indicada por el hecho de que el 70 – 85% de la MS digestible es degradada por los microorganismos, con producción de AGV, dióxido de carbono, metano, amoníaco y células microbianas⁸⁰.

Por su parte, Church y Pond aseveran que:

La digestibilidad de la materia seca, depende del trabajo que realizan los microorganismos ruminales a través de la producción de enzimas, por ejemplo las bacterias celulolíticas y hemicelulolíticas poseen enzimas celulasa y hemicelulasa; las amilolíticas actúan sobre carbohidratos solubles, producen amilasa; las pectinolíticas sobre pectina (pectinasas); las proteolíticas (proteasas) trabajan en la degradación de las proteínas, lipídicas (lipasas) sobre los lípidos etc. Igualmente existen otros microorganismos como protozoos y hongos que actúan sobre sustratos específicos⁸¹.

⁷⁸ ZAPATA, Op cit., p.17.

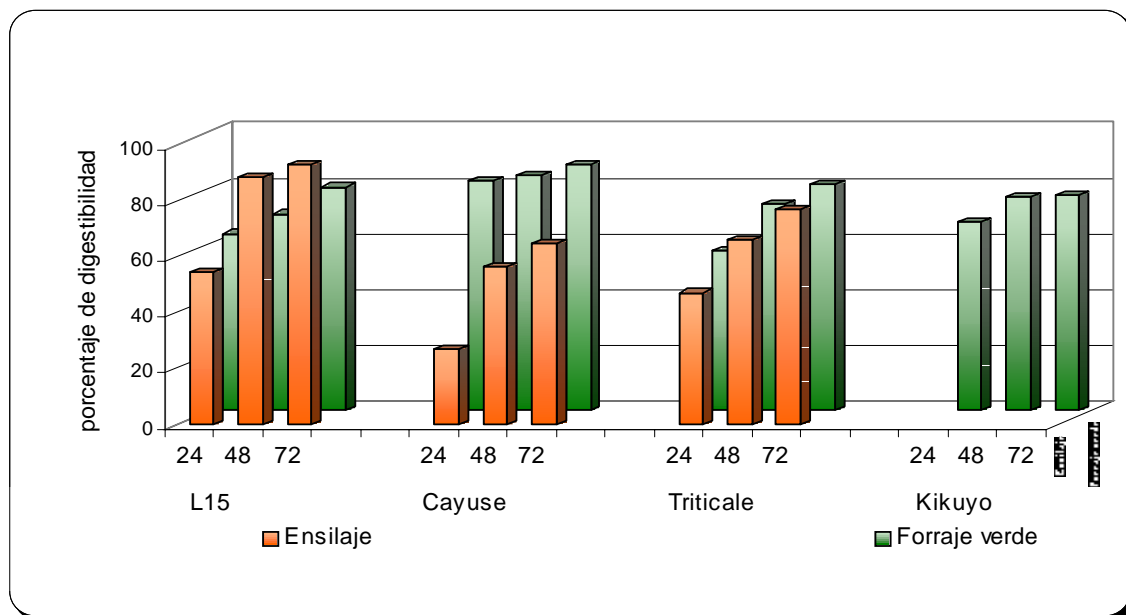
⁷⁹ McDONALD, P., EDWARDS, R. GREENHALGH, J. Nutrición animal. Cuarta edición. Zaragoza: Acribia, 1993. p. 212.

⁸⁰ BONDI, Op cit., p. 31.

⁸¹ CHURCH Y POND, Op cit., p.137.

6.5.2 Proteína. En la figura 2 se presentan los coeficientes de digestibilidad para esta fracción. La degradación de proteína en el forraje mostró valores altos a partir de las 24h con incrementos importantes hacia las 48h para luego alcanzar sus máximos valores a las 72h. Un comportamiento similar se registró en el ensilaje (Tabla 7).

Figura 2. Digestibilidad *In situ* de proteína



El análisis de varianza realizado a las 72h (anexo E) mostró diferencias ($P < 0.05$) en la desaparición ruminal de los forrajes, el comportamiento de CY (87.81%) fue superior a OT (81.07%) y L-15 (79.91%) que no presentaron diferencias entre sí, pero si respecto a KK que fue el menor (76.67%). La superioridad de CY es atribuible a que esta variedad presentó mayor solubilidad de los componentes proteicos y por tanto, la actividad proteolítica de los microorganismos fue más eficaz. Pese a que la degradación de los demás forrajes fue aceptable, los resultados obtenidos pudieron verse afectados por el ambiente ruminal que no proporcionó los nutrientes necesarios para el crecimiento y desarrollo de la microbiota, lo cual no permitió un eficiente trabajo de degradación.

Al respecto Stern, Calsamiglia y Endres expresan que, “la cantidad de proteína degradada en el rumen depende en gran medida de la actividad proteolítica de las

bacterias ruminales, el acceso de las bacterias a la proteína y el tiempo de retención de las partículas alimenticias en el rumen”⁸².

De igual manera, Church y Pond señalan que “las diferencias entre las proteínas y su degradación en el rumen, se relacionan con la existencia de varios tipos de proteínas en un alimento y depende entre otros, del grado de asociación de la proteína con las membranas de las células vegetales, la velocidad de la digestión de la membrana celular y la velocidad de la proteólisis”⁸³.

En el ensilaje se presentaron diferencias ($P < 0.01$) en todos los tiempos de incubación (anexos F, G, H). La máxima desaparición ocurrió a las 72h, tiempo en el que L-15 mostró el mejor coeficiente (93.02%), luego OT (83.45%), y CY (64.66%) que presentó el valor más bajo, contrario a los resultados obtenidos en el forraje antes de ensilar.

El comportamiento de CY puede atribuirse a la relación energía: proteína que para esta variedad fue de 6.57:1, mientras que para L-15 fue de 4.65:1. Luengas y Pulido afirman que “la relación energía - proteína debe guardar una proporción de cinco partes de energía expresadas en nutrientes digestibles totales (NDT) por 1 parte de proteína (5:1)”⁸⁴; teniendo en cuenta esta afirmación avena CY se alejó de esta proporción y por ello su digestión no fue la mejor.

La mayor degradación obtenida por avena L-15, quizá obedeció a un mejor aporte de nitrógeno bacteriano y a la eficacia de síntesis de proteína bacteriana, resultado de una buena fermentación de los hidratos de carbono, dicho aporte fue aprovechado por los microorganismos ruminales para su crecimiento y eficiente trabajo en la degradación.

Stern, Calsamiglia y Endress mencionan que “los principales nutrientes para el crecimiento de los microorganismos ruminales son la proteína bruta y los hidratos de carbono, que pueden ser fermentados para proporcionar nitrógeno amoniacal, aminoácidos, esqueletos carbonados y energía en forma de ATP para la síntesis de la proteína microbiana”⁸⁵.

Así mismo indican que:

⁸² STERN M.S, CALSAMIGLIA S. y ENDRESS M.I. Dinámica del metabolismo de los hidratos de carbono y del nitrógeno en el rumen. 1994. <ttp://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/94cap_IX_pdf_>.

⁸³ CHURCH y POND, Op cit., p. 269.

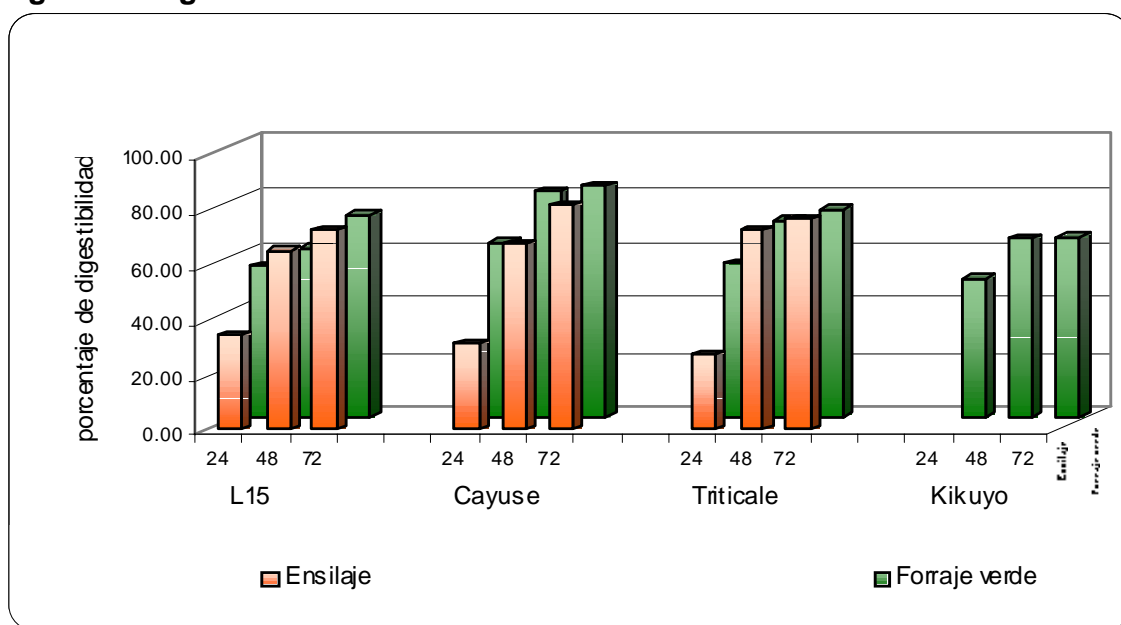
⁸⁴ LUENGAS ALVAREZ Arcio y PULIDO HERRERA José. El ensilaje de maíz en la alimentación de bovinos. En: ICA Informa. Vol. 24 No. 2 (Abril – mayo – junio, 1990). Pasto, p. 13-20.

⁸⁵ STERN, CALSAMIGLIA Y ENDRESS, Op cit., p. 1.

La degradabilidad ruminal de la proteína de los alimentos es un factor importante que afecta el aporte de aminoácidos al intestino delgado del vacuno lechero. La velocidad y cantidad total de proteína degradada en el rumen puede condicionar la cantidad de proteína bacteriana sintetizada en el rumen y determinar la cantidad total de proteína alimenticia no degradada que llega al duodeno⁸⁶.

6.5.3. Fibra detergente neutro (FDN). En la figura 3 y tabla 7 se describe el comportamiento de la desaparición de FDN para forraje en pie y ensilaje. El análisis de varianza (anexo E) para el forraje, reveló diferencias ($P < 0.01$) a las 72h. Avena CY presentó la mayor degradación (86.48%) en relación a los demás tratamientos; OT (72.62%), L-15 (67.35%) y KK (59.70%).

Figura 3. Digestibilidad *In situ* de FDN



Posiblemente, el mayor coeficiente de degradabilidad ruminal de CY se debió a la solubilidad de la hemicelulosa, fracción considerada de ataque rápido por los microorganismos del rumen. La menor degradabilidad del KK puede atribuirse al estado de madurez, factor que disminuyó el contenido celular y aumentó las paredes celulares con elementos menos digeribles como celulosa y lignina.

Al respecto, Mila afirma que:

La fibra de los forrajes se encuentra en la pared celular y solo puede ser digerida por la acción microbiana, la celulosa y hemicelulosa son

⁸⁶ Ibid., p. 2.

desdobladas hasta ácidos grasos como fuente de energía. El desdoblamiento de la fibra es lento y solo es posible cuando enzimas digestivas secretadas por los microorganismos facilitan esta acción. Cuando los forrajes acumulan exceso de lignina, silica y sustancias péctinas la digestión de la fibra se inhibe y el aprovechamiento del pasto se restringe⁸⁷.

En el ensilaje la degradación de FDN fue menor a la del forraje en pie, pero es importante destacar que avena CY continuó reportando la mayor degradación. El análisis estadístico (anexos F, G, H) mostró diferencias ($P < 0.05$) en todos los tiempos, pero la más importante se registró a las 72h, donde CY alcanzó una digestibilidad de 72.67%, siendo superior a OT y L-15, quienes reportaron valores de 63.4% y 61.57% respectivamente, sin diferencias entre sí.

La mayor degradación encontrada en CY probablemente obedeció a que el pH del rumen fue favorable para el crecimiento de flora celulolítica lo que permitió la degradación de esta fracción. Para Church y Pond⁸⁸ un bajo pH en el rumen puede reducir la tasa de digestión de la celulosa, este autor encontró que el pH óptimo para la digestión de la fibra osciló entre 6.7 y 7.1 y que la digestión de la celulosa descendió cuando el pH fue inferior a 6.3.

6.5.4 Fibra detergente ácida (FDA). En la figura 4 se observa la degradabilidad ruminal de esta fracción para forraje y ensilaje; la tendencia de desaparición estuvo en función del tiempo, presentándose baja degradación a las 24h con incrementos significativos hacia las 48 y 72h (Tabla 7). En este último tiempo se obtuvieron diferencias ($P < 0.05$) entre forrajes (anexo E), la mayor degradación de FDA fue para CY (60.23%), seguido de L-15 (51.64%), OT (51.24%) y KK (35.14%).

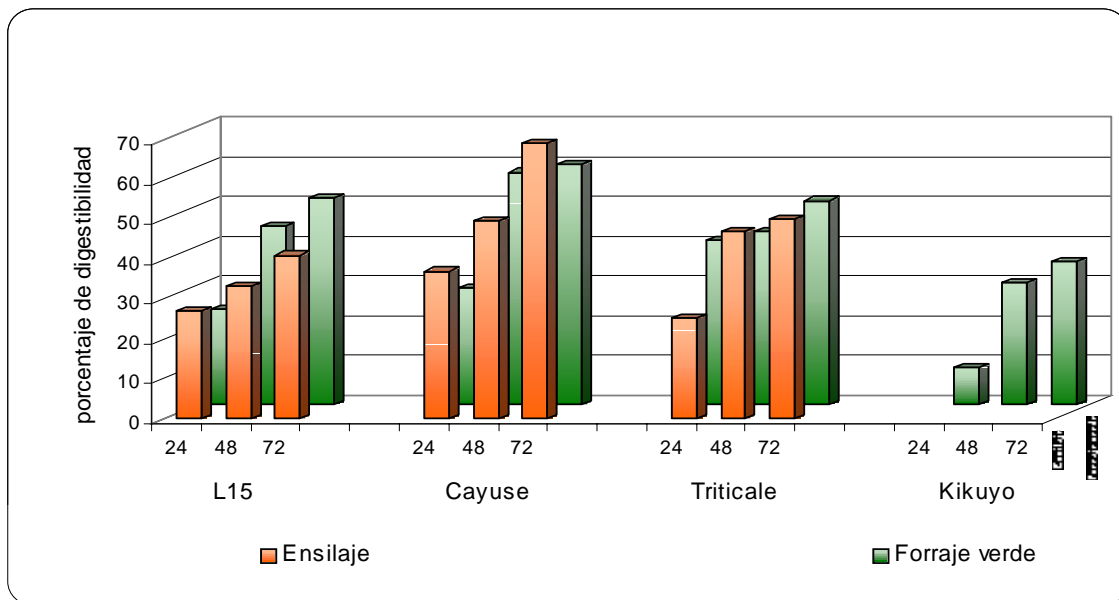
La menor desaparición de FDA en kikuyo podría atribuirse a una mayor cantidad de polisacáridos estructurales, que con el avance de la madurez van gradualmente incrementando los depósitos de celulosa y lignina; causantes de la disminución en la digestibilidad.

Los coeficientes de digestibilidad de FDA del ensilaje presentaron diferencias ($P < 0.05$) a las 24h (anexo F) y altamente significativas ($P < 0.01$) a las 48 y 72h (anexo G y H), y una vez más CY coincidió con los mayores coeficientes reportados en el forraje en pie. Este ensilaje mostró un mejor comportamiento a las 72h, con un valor de degradación de 69.03%, superior a OT (49.99%) y a L-15 (41.02%).

⁸⁷ MILA, Op cit., p.121.

⁸⁸ CHURCH Y POND, Op cit., p. 213.

Figura 4. Digestibilidad *In situ* de FDA



Los resultados pueden atribuirse a las características de esta fracción que permite la colonización por parte de los microorganismos ruminales y su posterior digestión. La baja degradación observada en los otros ensilajes, de acuerdo a expresado por Rodríguez, Portilla y Sarralde⁸⁹ probablemente fue causada por la formación del artefacto ligno-celulósico; y el tipo de enlaces empleados para asociarse a la lignina que dificultaron el trabajo microbiano a nivel de rumen.

Al respecto, Bernal manifiesta que el valor nutritivo y coeficiente de digestibilidad de la celulosa varía de acuerdo con su asociación con la lignina, esta fracción es la responsable por la digestión incompleta de la celulosa y hemicelulosa⁹⁰.

6.5.5 Hemicelulosa. En la tabla y figura 5 se presentan el comportamiento de esta fracción en el forraje y ensilaje. El análisis estadístico (anexos C, D, E) señaló diferencias ($P < 0.01$) entre los forrajes en todos los tiempos de incubación, a las 72h se obtuvieron las máximas digestibilidades en KK (94.00%) y CY (92.37%) que tuvieron un comportamiento similar, a ellos les siguió OT (88.64%) y L-15 (84.89%).

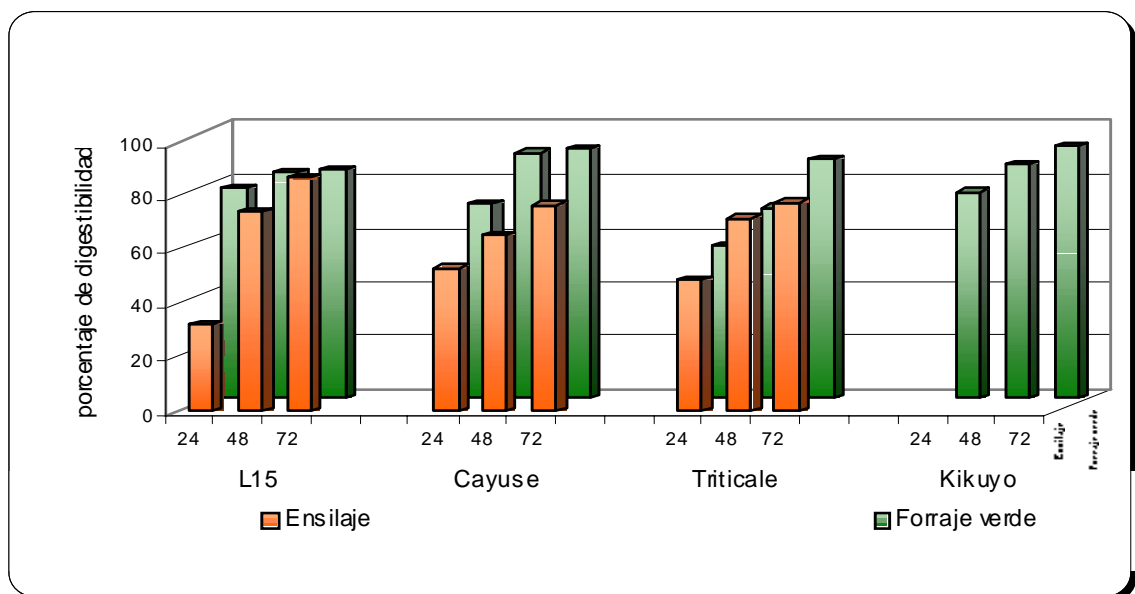
⁸⁹RODRÍGUEZ, Patricia; PORTILLA, Wilson y SARRALDE. Evaluación nutricional y degradabilidad "in situ" de algunas arbóreas y arbustivas con potencial forrajero para la suplementación de rumiantes en el Altiplano de San Juan de Pasto, 2000. P. 81. Tesis de grado (Especialista en Producción de Bovinos para Leche). Universidad de Nariño, Facultad de ciencias Pecuarias, Programa de Zootecnia.

⁹⁰ BERNAL, Op cit., p. 105.

El análisis de varianza (anexos F, G, H) no reveló diferencias entre los ensilajes en todos los tiempos de incubación. La velocidad de desaparición de la hemicelulosa se observó a partir de las 24h estabilizando sus valores máximos entre las 48 y 72h.

Los valores obtenidos se pueden explicar por el hecho de que la hemicelulosa es menos resistente a la degradación química que la celulosa, siendo hidrolizada en medios relativamente ácidos, en tanto que la celulosa requiere un pH más elevado.

Figura 5. Digestibilidad *In situ* de hemicelulosa



Bondi describe a la hemicelulosa como:

Mezcla de polisacáridos lineales altamente ramificados, que contienen diversos residuos de azúcares (xilosa, arabinosa, glucosa, galactosa y ácido urónico) que se encuentran en las paredes celulares de las plantas forrajeras. La hidrólisis de esta fracción se realiza principalmente, por la liberación del disacárido xilobiosa, que se descompone por una enzima intracelular, la xilobiasa, en xilosa. También se obtienen ácidos urónicos como producto intermedio de la degradación de la hemicelulosa⁹¹.

Por su parte Bernal⁹² establece que la hemicelulosa no es muy afectada por la

⁹¹ BONDI, Op cit., p. 48.

⁹² BERNAL, Op cit., p.102.

edad de la planta, se encuentra depositada en las paredes secundarias y su disponibilidad es similar a la celulosa, ya que ambos carbohidratos sufren un proceso similar de digestión.

6.6 PRUEBA DE COMPORTAMIENTO CON VACAS EN PRODUCCIÓN

Los resultados obtenidos se resumen en la tabla 8 y la respectiva prueba estadística en el anexo J.

Tabla 8. Comportamiento en peso de vacas

Dieta base	Consumo de materia seca (kg/vaca/día)	Variación de peso (%)	Condición corporal	Producción promedia (kg/vaca/día)
KK	13.88 ^b	0.061 ^a	2.93 ^a	12.02 ^a
L-15	12.26 ^c	0.132 ^a	3.31 ^a	11.68 ^a
CY	15.18 ^{ab}	0.121 ^a	3 ^a	11.73 ^a
OT	16.52 ^a	0.105 ^a	3.12 ^a	13.03 ^a
ES ±	0.2215	0.0085	0.065	0.1527

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

6.6.1 Consumo de materia seca. A todos los grupos se les ofreció un suplemento equivalente a 3.48 kg MS/animal/día, el cual fue consumido en su totalidad por los animales. Se encontraron diferencias (P<0.01) entre los forrajes evaluados (anexo I), los mayores consumos de MS (kg/MS/animal/día) se presentaron en OT (16.52) y CY (15.18) y los menores en KK (13.88) y L-15 (2.26) figura 6.

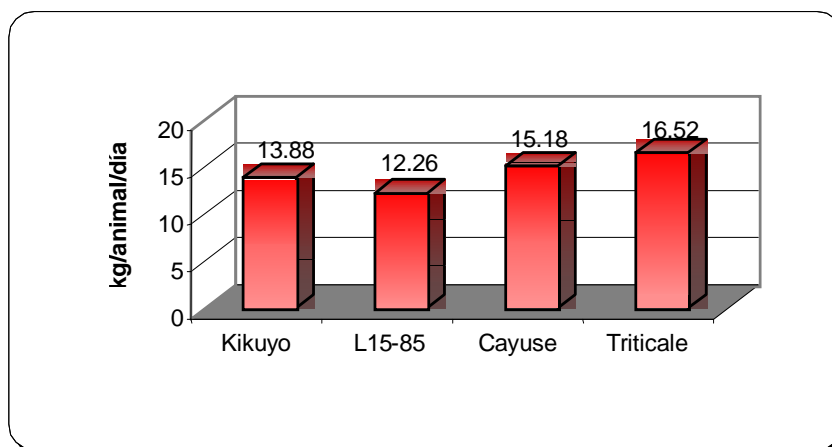
Los mayores consumos observados en OT y CY, posiblemente fueron un reflejo de sus adecuadas características de pH, humedad, color, olor, sabor y apariencia; además del contenido de materia seca, que incremento el consumo de estos ensilajes.

Por otro lado, Preston y Leng, afirman que “el consumo es uno de los mejores indicadores de la calidad del alimento y su digestibilidad”⁹³. El máximo nivel de consumo depende del equilibrio apropiado de nutrientes en los productos de la digestión.

⁹³ PRESTON Y LENG, Op cit., p.138.

Así mismo Lascano, reafirma que “la cantidad y calidad nutritiva de un alimento son factores que interactúan e influyen en la producción del ganado”⁹⁴

Figura 6. Consumo de materia seca



6.6.2 Variación de peso. Esta variable se determinó en forma porcentual con base en el peso vivo del animal, aunque no se encontraron diferencias estadísticas entre las dietas (anexo I), los mayores incrementos se obtuvieron con ensilaje de avena L-15 y CY (0.132% y 0.121%) que corresponden a 680 y 629g/día, valores similares a los encontrados por Muñoz y Muñoz en vacas alimentadas con avena y un suplemento nitrogenado, cuyos incrementos fluctuaron entre 514 y 692g/día.

En los animales que pastorearon kikuyo se encontró el menor incremento, comportamiento que puede atribuirse a factores ambientales y de manejo, debido a las condiciones de estrés térmico a que estuvieron expuestos, y al gasto energético producto de la movilización, o al simple hecho de que tuvieran el rumen lleno o vacío en el momento del pesaje.

A propósito, Hafez y Dyer⁹⁵ aseguran que el incremento de peso suele utilizarse para valorar la respuesta de los animales ante una amplia gama de dietas, ambientales 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

⁹⁴ LASCANO, C. y HOLMAN, F. Conceptos y metodología de Investigación en fincas con sistemas de producción animal de doble propósito. 1997. p. 97.

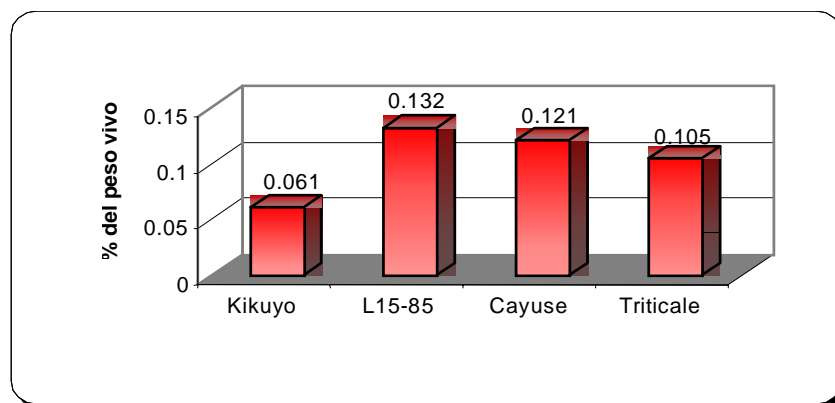
⁹⁵ HAFES Y DYER. Desarrollo y nutrición animal. Zaragoza: Acribia, 1992.p.27.

experimentales, y errores subjetivos como frecuencia y momento en que se pesa y exactitud de las balanzas.

De los resultados obtenidos se deduce que el incremento fue estable durante toda la etapa experimental (figura 7). Esta conducta se explica por el hecho de que en este tipo de animales la mayor parte de los nutrientes se emplean en la producción láctea y mantenimiento de peso.

De acuerdo con Hazar⁹⁶ lo que se podría señalar como normal es que la vaca pierda peso durante los primeros meses después del parto; luego desde el segundo al quinto mes el animal debe comenzar a ganar peso, llegando al momento de su secada con un peso igual al peso post-parto.

Figura 7. Variación de peso



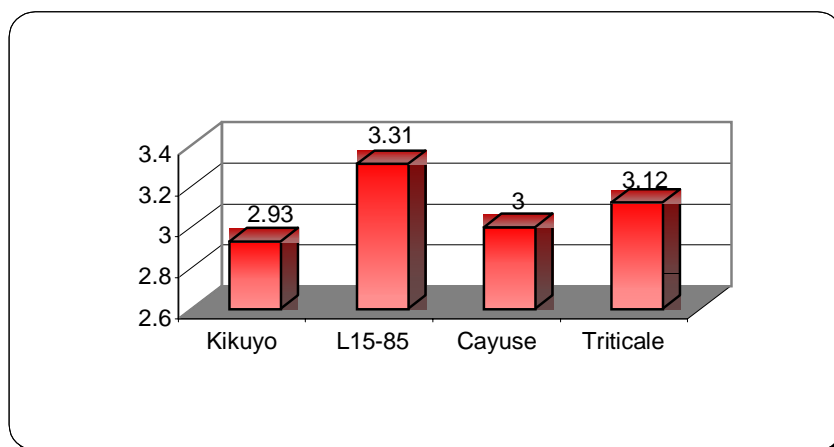
6.6.3 Condición corporal. No se observó efecto de las raciones sobre esta variable (anexo I), explicable por el comportamiento en peso, el cual fue uniforme (figura 8).

La calificación otorgada osciló entre 2.93 y 3.31, se consideró aceptable pues pudo estar afectada por los días de lactancia, cuyo promedio fue de 120 días, periodo en que las vacas tienen unos requerimientos altos de energía para producción de leche, por lo cual utilizan sus reservas de grasas acumuladas en los depósitos corporales.

⁹⁶ HAZAR, Sergio. El consumo de alimento en vacas lecheras. En: Investigación y progreso agropecuario. México. Vol. 34, No. 1 (Enero- marzo, 1985); p.15-22.

La condición del grupo de animales alimentados con kikuyo, quizá obedeció a que este forraje aportó menos energía. Al respecto Pedrón menciona 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 adecuados”⁹⁷. Por otra parte, las variaciones normales en el peso no tienen mayor relevancia en animales lecheros, dado que estos tienden a perderlo o mantenerlo constante.

Figura 8. Condición corporal



Por su parte, Del Pino⁹⁸ menciona que la puntuación de la condición corporal, indica la cantidad de energía almacenada disponible para la vaca. Así mismo, afirma que las vacas mejoran su condición más eficientemente durante la última fase de lactancia y al llegar al período seco, deben tener una puntuación de 3.5 – 4.0.

6.6.4 Producción de leche. La producción en los cuatro tratamientos osciló entre 11.68 y 13.03 kg/animal/día (Figura 9), sin diferencias estadísticas entre los grupos (anexo I).

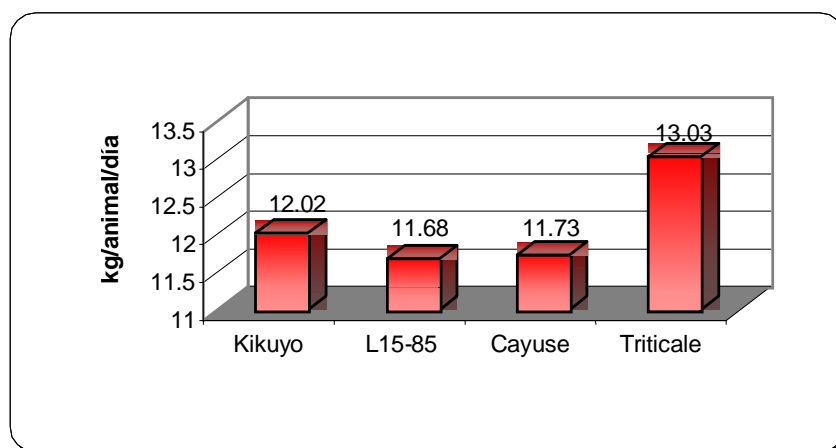
Los resultados obtenidos se encuentran por debajo del promedio de producción (15kg/vaca/día) de un grupo de animales tomado como referencia con similares características; sin embargo, esto se explica porque dichos animales estuvieron bajo otras condiciones de alimentación (pastoreo – ensilaje - concentrado).

⁹⁷ PEDRÓN, Gian. Concentrados para incrementar la proteína láctea. En: Memorias del segundo seminario internacional sobre calidad de leche, competitividad y proteína. Medellín: COLANTA, 1999. p. 16.

⁹⁸ DEL PINO, Ray. Información ganadera. 2003. <<http://www.Agroconnection.com.ar>>.

Los niveles de producción obtenidos, dejan entrever que el ensilaje es de menor valor nutritivo que el forraje verde, razón por la cual con este sistema de alimentación se busca mantener la producción, más no incrementarla.

Figura 9. Producción de leche



6.6.5 Composición de la leche. Los resultados se consignan en el Tabla 8 y el análisis de varianza en anexo J.

Se pudo observar diferencias ($P < 0.05$) únicamente para el porcentaje de grasa, los demás componentes no presentaron diferencias significativas, sin embargo, algunos de ellos fueron inferiores a los valores sugeridos para la raza Holstein, lo cual se explica por los factores que afectan la composición de la leche.

Al respecto, Ramos, Pabón y Carulla, afirman que “la composición de la leche está determinada por varios factores genéticos, animales (volumen de leche y estado de lactancia) y nutricionales. Dentro de los genéticos existen diferencias marcadas la composición de la leche, entre razas y dentro de las razas”⁹⁹.

El nivel proteico osciló entre 2.74 y 2.97%, cercano al reportado por Carulla¹⁰⁰, quien encontró que la leche de los proveedores de Alpina en la Sabana de Bogotá

⁹⁹ RAMOS, PABÓN Y CARULLA . Op cit., p. 2.

¹⁰⁰ CARULLA, Juan. De la proteína del forraje a la proteína en la leche. Metabolismo del nitrógeno del forraje en la vaca lechera. En: Memorias II Seminario Internacional sobre calidad de leche. Competitividad y proteína. Medellín: COLANTA, 1999. p.70.

tienen niveles promedios de 2.9%. Por su parte Rivera, Benavides y Rebolledo¹⁰¹ reportan valores de 3.15% para la finca La Providencia en Nariño.

Los resultados de esta variable pudieron estar afectados por un déficit energético, principal factor que reduce el porcentaje de proteína en la leche. En este sentido, Carulla¹⁰² basado en un programa de simulación y datos de investigación menciona que la energía de la ración y la eficiencia microbial son dos datos importantes para mejorar el uso de la proteína del alimento y aumentar la proteína en la leche.

Para Moncada y Taborda, “el contenido de proteínas en la leche está influido por la raza del animal, por el animal mismo, las características de la alimentación, la temperatura ambiental. También depende de las condiciones climáticas imperantes, de la estación del año, del celo, enfermedad, gestación o ejercicio”¹⁰³.

Tabla 9. Composición de la leche

Dieta base	Proteína	Acidez	Densidad (g/c ³)	Grasa	Sólidos totales	Sólidos no grasos	Nitrógeno ureico	Urea
Kikuyo	2.94 ^a	16.6 ^a	1031 ^a	2.56 ^b	11.07 ^a	8.5 ^a	8.88 ^a	18.96 ^a
Avena L-15	2.82 ^a	15.28 ^a	1031 ^a	3.45 ^a	12.05 ^a	8.6 ^a	9.51 ^a	20.35 ^a
Avena Cayuse	2.79 ^a	15.26 ^a	1032 ^a	2.99 ^{ab}	11.71 ^a	8.71 ^a	7.23 ^a	15.46 ^a
Obonuco Triticale	2.97 ^a	16.03 ^a	1032 ^a	2.89 ^{ab}	11.74 ^a	8.82 ^a	8.51 ^a	18.2 ^a
ES ±	0.039	0.1274	0.001	0.078	0.104	0.044	0.235	0.137

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

¹⁰¹ RIVERA BARRERO, Julio Cesar; BENAVIDES ESPINDOLA, Oscar y REBOLLEDO MUÑOZ, Piedad. Influencia de la alimentación de las vacas lecheras en la composición proteica y energética de la leche. San Juan de Pasto: Vicerrectoría de investigación, postgrados y relaciones internacionales – VIPRI. Facultad de Ciencias Pecuarias, 2002. p. 39.

¹⁰² CARULLA, Op cit., p.70.

¹⁰³ MONCADA, Emerson y TABORDA, Nelson. La urea de la leche como expresión de la proteína. En: Memorias 11 Seminario Internacional sobre calidad de leche. Competitividad y proteína. Medellín: COLANTA, 1999. p.75.

En el contenido de grasa se pudo observar diferencias ($P < 0.05$), los valores de mayor a menor se presentaron así: avena L-15 (3.45%), CY (2.99%), OT (2.89%), y KK (2.56%), estos porcentajes fueron bajos si se comparan con el promedio de la raza Holstein (3.6%). Los resultados obtenidos se pueden atribuir a diferentes factores, especialmente de orden nutricional, debido aun desbalance de fibra y energía en la dieta, situación que alteró la fermentación y pH del rumen y por ende la producción de ácidos grasos volátiles (AGV) que para este caso se presume que hubo mayor producción de ácido propiónico respecto al acético y butírico, lo cual afectó el porcentaje de grasa en la leche.

A propósito, Campabadall manifiesta que “el porcentaje de grasa está influenciado positivamente cuando existe en el rumen un alto porcentaje molar de ácido acético y butírico, pero es afectado negativamente cuando el porcentaje molar de ácido propiónico sobrepasa el 25%”¹⁰⁴.

El mismo autor¹⁰⁵, expresa que la actividad de masticado o rumia es también un factor importante en el porcentaje de grasa en leche, por su efecto sobre el pH del rumen y la relación acetato-propionato; que no debe ser menor a 2.10:1, para evitar una depresión en el contenido de grasa.

Por su parte, Rivera afirma que “a mayor proporción de acetato y butirato en la panza, mayor grasa en la leche; si predomina el propionato disminuirá la grasa”¹⁰⁶.

Los valores de acidez fluctuaron entre 15.26 - 16.6° Dornic (D), de acuerdo con Rivera¹⁰⁷ estos valores son aceptables para Colombia cuyo rango de acidez normal oscila entre 13 – 18° D. Igualmente la densidad no presentó variación y se ubicó dentro del rango reportado por el mismo autor 1.025 – 1.032 g/cc, con un valor promedio de 1.032.

El valor de los sólidos no grasos (SNG) coincidió con el reportado por Campabadall para la raza Holstein (8.5%); en cuanto a sólidos totales (ST), únicamente avena L-15 cumplió con el porcentaje promedio (12%), los demás tratamientos fueron inferiores. Respecto a este componente el autor antes mencionado manifiesta que “el nivel de ST en la leche esta influenciado, principalmente por el nivel de grasa en la misma y ésta por la relación acetato –

¹⁰⁴ CAMPABADALL, Carlos. Factores que afectan el contenido de sólidos en la leche. En: Memorias I I Seminario Internacional sobre calidad de leche. Competitividad y proteína. Medellín: COLANTA, 1999. p.99.

¹⁰⁵ Ibid., p.100.

¹⁰⁶ RIVERA BARRERO, Julio Cesar. Elaboración de productos lácteos a nivel de finca. San Juan de Pasto: Graficolor, 2001. p. 20.

¹⁰⁷ RIVERA BARRERO, Julio Cesar. Tecnología de la leche y derivados. Pasto: universitaria. p. 187.

propionato, que a su vez depende del consumo de fibra que afecta el pH del rumen”¹⁰⁸.

El nivel de nitrógeno ureico en la leche (NUL) varió entre 7.23 y 9.51mg/dL, este valor se considera normal, según lo indicado por Arias y Alonso¹⁰⁹, quienes señalan que la evaluación periódica de los niveles de nitrógeno en la sangre (NUS)/NUL ayudará a estimar el estado nutricional del ganado lechero y prevenir posibles desequilibrios nutricionales, por lo cual han relacionado estos niveles con los efectos fisiológicos en rumiantes, y consideran que niveles de 5.6 – 8.4 son de bajo riesgo, y de 8.4 – 12.6 mg/dL como normal.

El contenido de urea estuvo entre 15.46 y 20.35 mg/100ml de leche, valor elevado si se tiene en cuenta lo manifestado por Moore y Varga citado por Taborda y Moncada¹¹⁰, quienes exponen que un nivel de urea inferior a 10 mg/100ml es bajo y sugiere que los niveles de proteína degradable ingerida son inadecuados, en tanto que un nivel de 14 mg/100ml es alto, y sugiere un exceso de proteína degradable o una restricción de energía.

6.7 ANÁLISIS ECONÓMICO

6.7.1 Costos de producción del forraje y ensilaje. La evaluación económica del establecimiento de los forrajes, reveló que el pasto kikuyo tuvo el menor costo por kg, lo cual se explica por la menor inversión, ya que no se incurre en gastos de mano de obra para establecimiento. Respecto a los forrajes ensilados el menor fue para CY (\$53.70kg/forraje fresco), seguido por L-15 (\$54.70) y OT (\$72.04); estos costos se vieron influenciados por el volumen de producción obtenido en cada forraje (Tabla 10).

Los costos de producción de un kg de MS de ensilaje fueron de \$217 para L-15, \$223 para OT y \$279 para CY, en tanto que para KK fue de \$107. Como es lógico los ensilajes presentaron mayores costos de producción debido al proceso de establecimiento y ensilaje. Sin embargo, al considerar la producción de biomasa seca, se observó que los ensilajes soportan una mayor capacidad de carga, generando mayores ingresos por unidad de área.

6.7.2 Análisis económico para prueba de producción y calidad de la leche.

¹⁰⁸ CAMPABADALL, Op cit., 110.

¹⁰⁹ ARIAS, J. y ALONSO, Nesti. Importancia de los niveles de nitrógeno ureico en leche y sangre en el ganado lechero. En: Revista_Facultad de Agronomía. (Agosto, 1999); p.12.

¹¹⁰ MONCADA y TABORDA, Op cit., p. 85.

En la Tabla 11, se relacionan los tratamientos con las producciones de leche (ha/lactancia), incremento en sólidos totales y valor de la producción (\$/ha/lactancia). En Tabla 12, se presentan los costos variables de cada uno de los tratamientos con su respectivo beneficio neto parcial.

Tabla 10. Costos de producción del forraje y ensilaje.

Detalle	Avena L-15	Avena Cayuse	Obonuco Triticale	Kikuyo
Costo forraje verde				
Costos directos	309.500	411.111	419.000	127.000
Costos indirectos	143.338	156.559	149.323	83.991
Costos totales	533.338	577.559	568.323	210.991
Producción F.V (t/ha)	21,82	23,69	14,68	
				9,65
Producción M.S(t/ha)	5,52	4,55	4,72	
				1,96
Costo F.V (\$/kg)	24,45	24,37	38,78	
				15,92
Costo M.S (\$/kg)				107,210
Costo ensilaje				
Costo total de establecimiento	533.838	577.559	568.323	
Costo para ensilar	665.125	694.750	489.250	
Costos totales	1.198.963	1.272.309	1.057.573	
Costo ensilaje fresco(\$/kg)	54,70	53,70	72,04	
Costo M.S ensilaje(\$/kg)	217,20	279,62	223,63	

Los animales alimentados con Avena L-15 y Obonuco Triticale 98, fueron los que presentaron los mayores rendimientos en leche, mientras que con avena L-15 se obtuvo bonificación por sólidos totales.

Al hacer la evaluación económica, se observó el mayor beneficio neto parcial en el tratamiento L-15 (\$524.341), seguido por OT (\$239.397), KK (\$229.060) y CY el menor (\$50.633).

6.7.3 Tasa de retorno marginal. la rentabilidad se calculó teniendo en cuenta la tasa de retorno marginal (Tabla 13).

La avena L-15 presentó la mayor rentabilidad (348.4%), en comparación

con los otros tratamientos, debido a su buena adaptación, precocidad, volumen de producción de biomasa seca, que permite mantener un mayor número de animales/ha y por tanto una mayor producción de leche.

Tabla 11. Rendimientos de leche, sólidos totales y valor de la producción (\$/vaca/60días/ha)

Dieta base	Litros leche/lactancia/60 días	Sólidos totales Por litro	Incremento de sólidos totales por 60 días	Valor Producción		Valor total Producción \$/ha/60 días
				Leche	Sólidos Totales	
KK	707.31	11,07	0,0	333.85	0,0	333.850
L-15	2543.32	12,05*	635.83	1'200.447	17.803	1'218.250
CY	1299.90	11,71	0,0	613.552	0,0	613.252
OT	1804.10	11,74	0,0	851.535	0,0	851.535

* Solamente bonifican producciones con contenidos de sólidos totales superiores a 11,8.

Tabla 12. Costos variables y beneficio neto parcial (\$/vaca/60 días/ha)

Tratamiento	Insumo variable (kg MS/60 días/ha)	Costo total variable	Beneficio Neto Parcial
KK	977,43	104.790,27	229.060
L-15	3194,79	693.908,38	524.341
CY	2013,16	562.919,79	50.633
OT	2737,28	612.137,92	239.397

Tabla 13. Tasa de retorno marginal (%)

Tratamiento	Beneficio Neto Parcial	Costo total variable	Incremento con respecto a:		Tasa de Retorno Marginal (%)
			Benef neto variable	Costo parcial	
Avena L-15	524.341	693.908	284.944	81.770	348.4
Obonuco Triticale 98	239.397	612.137			

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

Avena L15- 85 mostró el mejor rendimiento en biomasa seca y mayor precocidad; factores que permitieron a este forraje mantener una mayor carga animal y por ende mayor productividad por unidad de área, a pesar de las condiciones de baja precipitación en que se realizó el experimento

Aunque los contenidos proteicos y energéticos de avena L-15 no fueron los mejores, su mayor producción de biomasa seca y precocidad influyeron positivamente en el rendimiento en energía y proteína por unidad de área respecto a los demás forrajes; dejando entrever su potencial forrajero y producción en época seca.

Los niveles proteicos en los materiales ensilados se incrementaron respecto al forraje en pie, esto se atribuyó a errores en la toma, transporte y manejo de la muestra. Es posible que no se haya identificado el tipo de nitrógeno presente y el calculado se asumió como proteico.

Se observó una tendencia normal de desaparición *In situ* en función del tiempo, avena Cayuse reveló los mayores coeficientes en todas las fracciones a excepción de la proteína en el material ensilado.

La producción y composición de la leche estuvieron influenciadas principalmente por factores de orden nutricional, en especial por un desequilibrio energético que deprimió algunos nutrientes de la leche como grasa y proteína.

El mayor costo por kg de MS lo presentaron los ensilajes, ya que incurrieron en una mayor inversión de mano de obra en el proceso de establecimiento del forraje y ensilado, adicionalmente el alto costo de producción se vió influenciado por la producción de biomasa que fue inferior a la esperada. Sin embargo, la producción por hectárea de los ensilajes permite mantener una mayor capacidad de carga que kikuyo.

Para efectos del ensayo el análisis económico arrojó resultados positivos para avena L15 presentando el costo más bajo por kg de MS de ensilaje respecto a los demás forrajes; en virtud a su mayor rendimiento en biomasa seca, precocidad, comportamiento animal, producción y calidad de leche.

Avena L15-85 resultó el tratamiento más viable económicamente dejando implícita la viabilidad técnica y económica de la alimentación bovina con este forraje en épocas secas.

7.2 RECOMENDACIONES

Realizar un balance nutricional que sirva como guía para la inclusión de ensilaje como complemento en la ración del ganado, teniendo en cuenta el período fisiológico, composición y volumen de la leche producida.

En épocas secas, el ensilaje adecuadamente suplementado es una alternativa viable para mantener parámetros productivos apropiados.

Se sugiere medir oportunamente el pH de las heces de los animales alimentados con ensilaje, con el fin de detectar y prevenir problemas metabólicos como la acidificación.

Para futuras investigaciones en ensilaje, es conveniente determinar los niveles de ácidos producidos durante la fermentación, para establecer la calidad de los mismos.

Integrar un paquete tecnológico que permita a los ganaderos utilizar los resultados de esta investigación con la finalidad de mitigar en parte la baja disponibilidad de forraje en épocas secas.

BIBLIOGRAFIA

ACOSTA, Wilmer. y MONCAYO, Oscar. Valor nutritivo del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) bajo dos sistemas de labranza y diferentes niveles de fertilización orgánica y/o mineral en zona de ladera. San Juan de Pasto, 2002, 212p. Trabajo de grado (Zootecnista): Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Programa de Zootecnia.

APRAEZ, Edmundo. Análisis químico de los alimentos. Pasto: Universidad de Nariño, 1992. 175p.

ARIAS, J. y ALONSO, Nesti. Importancia de los niveles de nitrógeno ureico en leche y sangre en el ganado lechero. En: Revista Facultad de Agronomía. (Agosto, 1999); 12-16p.

BAEZ, Fernando *et al.* Ajuste, validación y transferencia de tecnología en el manejo de Obonuco Triticale 98, para sostener los niveles productivos de leche y peso vivo en épocas de sequía en zonas de economía campesina del sur del departamento de Nariño. San Juan de Pasto: CORPOICA, 2001. 214p.

-----Investigación adaptativa y transferencia de tecnología en el uso del horno forrajero como alternativa para producir ensilaje sin maquinaria para la alimentación de bovinos durante la época de sequía en el Altiplano de Nariño. San Juan de Pasto: CORPOICA, 2000. 61p.

BATH, Donald *et al.* Ganado lechero. Segunda edición. México: Interamericana. 1987. 541p.

BERNAL, Javier. Pastos y Forrajes Tropicales. Tercera edición. Santafé de Bogotá: Buda, 1994. 574p.

BOLAÑOS, Antonio *et al.* Ajuste, validación y transferencia de tecnología en producción y utilización de la avena L-15/85, como nueva variedad forrajera competitiva y sostenible para la alimentación de bovinos de los sistemas de producción del altiplano de Nariño. San Juan de Pasto: CORPOICA, 2000. 68p.

BONDI, Aron. Nutrición animal. Zaragoza: Acribia. 1989. 546p.

BROSTER, W. H. Y SWAN, Henry. Estrategias de alimentación para vacas lecheras de alta producción. México: A.G.T., 1992. 383 p.

CAMPABADALL, Carlos. Factores que afectan el contenido de sólidos totales en la leche. En: Memorias II Seminario Internacional sobre calidad de leche. Competitividad y proteína. Medellín: COLANTA, 1999. 137p.

CARULLA, Juan. De la proteína del forraje a la proteína en la leche. Metabolismo del nitrógeno del forraje en la vaca lechera. En: Memorias II Seminario Internacional sobre calidad de leche. Competitividad y proteína. Medellín: COLANTA, 1999. 137p.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). Establecimiento y renovación de pasturas. Veracruz, México: CIAT. Noviembre de 1988. 426p.

CINO, Delia y De ARMAS, Carmen. Metodología para la evaluación económica de proyectos de investigaciones agropecuarias. Cuba: Instituto de Ciencia Animal, 1996. 127p.

CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA (CORPOICA). Compendio alternativas no convencionales para la nutrición de rumiantes. Pasto: Produmedios, 1994. 300p.

CHURCH D.C. y POND W.G. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. México: Limusa, 1998. 438p.

DEL PINO, Ray. Información ganadera. 2003. <<http://www.Agroconnection.com.ar>>

DINA CERDA, A. *et al.* Validación y estudios comparativos de métodos estimadores de la digestibilidad aparente de alimentos para rumiantes. Validación del método de digestibilidad *in situ* (bolsa de Nylon) y estudio de algunos factores que lo afectan. En : avances en producción animal. Chile. Vol. 1,1 No. 1-2 (Enero - Diciembre 1986); 41-52p.

ETGEN, William y REAVES, Paul. Ganado lechero: alimentación y administración. México: Limusa, 1985. 613p.

HAFEZ Y DYER. Desarrollo y nutrición Animal. Zaragoza, España: Acribia, 1992. 469p.

HARESIGN, W. Y COLE, D.J.A. Avances en nutrición de los rumiantes. Zaragoza: Acribia, 1988. 407p.

HAZAR, Sergio. El consumo de alimento en vacas lecheras. En: Investigación y progreso agropecuario. México. Vol. 34, No. 1 (Enero- marzo, 1985); p.15-22.

JARAMILLO Y JIMÉNEZ. Evaluación nutricional de tres especies de árboles forrajeros en la alimentación de vacas Holstein en el trópico alto de Nariño, Colombia. San Juan de Pasto, 2000, 67p. Tesis de grado (Zootecnista). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Programa de Zootecnia.

KOESLAG, Johan H. Bovinos de leche. Segunda edición. México: Trillas, 1990. 110p.

LABORATORIOS ASOCIADOS DE NARIÑO. Manual de química. San Juan de Pasto: enero 2002.

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

LUENGAS ALVAREZ, Arcio y PULIDO HERRERA, José. El ensilaje de Maíz en alimentación de bovinos. En: ICA Informa. San Juan de Pasto. Vol. 24, no.2; (abril, mayo, junio 1990); 13-20p.

MARSHALL, E. Alimentación práctica de la vaca lechera. Barcelona: Aedos. 1982. 224p.

MAYNARD Leonard *et al.* Nutrición Animal. Cuarta edición. México : McGraw-Hill, 1989. 640p.

-----Nutrición Animal. México : McGraw- Hill, 1992. 683p.

Mc DONALD, P., EDWARDS, R. GREENHALGH, J. Nutrición animal. Cuarta edición. Zaragoza: Acribia, 1993. 571p.

MERCHANCANO, Domingo *et al.* Obonuco Triticale 98. Nueva especie forrajera para el departamento de Nariño. Boletín divulgativo No.4 San Juan de Pasto: CORPOICA, 1999. 28p.

MILA PRIETO, Alberto. Suelos, pastos y forrajes. Santafé de Bogotá: UNISUR, 1996. 267p.

MILLER, W. J. Nutrición y alimentación del ganado vacuno lechero. Zaragoza: Acribia, 1989. 459p.

MONCADA, Emerson y TABORDA, Nelson. En: Memorias II Seminario Internacional sobre calidad de leche. Competitividad y proteína. Medellín: COLANTA, 1999. 137 p.

MULSERA PARDO, E. y RATERA GARCIA, C. Praderas y forrajes. Producción y aprovechamiento. Segunda edición. Madrid: Mundi - Prensa, 1991. 674p.

MUÑOZ ERASO, Luis y MUÑOZ ROMERO, José. Efecto de la suplementación nitrogenada sobre el comportamiento productivo de vacas Holstein mestizas. San Juan de Pasto, 2000, p. 159. Trabajo de grado (Zootecnista). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Programa de Zootecnia.

OFFICIAL METHODS OF ANÁLISIS ASS – AOAC. Agricultural Chemist. Edición 16. Washington: 1995.

OJEDA, Félix; CACERES, Orestes Y MATAMOROS, Marcos. Conservación de pastos y forrajes. Cuba: Departamento de textos y materiales didácticos, 1982. 200p.

ORSKOV E.R. Alimentación de rumiantes. España: Acribia, 1990. 119p.

-----Nutrición proteica de rumiantes. España: Acribia, 1982. 176p.

PEDRÓN, Gian. Concentrados para incrementar la proteína láctea. En: Memorias del segundo seminario internacional sobre calidad de leche, competitividad y proteína. Medellín: COLANTA, 1999. 137p.

PHILLIPS, C.J.C. Avances de la ciencia de la producción lechera. Zaragoza: Acribia, 1998. 417p.

PIÑEROS, Jesús. Informe sobre pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). En: Revista Boletín Agrícola. Santafé de Bogotá. Vol. 6, no. 3;(Marzo,1993) ; 5-7p.

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: Condit, 1989. 312p.

RAMOS, R., PABÓN, M. L. y CARULLA, J. Factores nutricionales y no nutricionales que determinan la composición de la leche. En: Revista de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Santafé de Bogotá. Vol. 46, no.2; (Octubre 1998) ; 2-3p.

RIVERA BARRERO, Julio Cesar. Variación de algunos componentes de la leche en vacas Holstein mestizas. San Juan de Pasto, 1991, 157p. Trabajo para ascender a la categoría de profesor titular. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Programa de Zootecnia.

-----Elaboración de productos lácteos a nivel de finca. San Juan de Pasto: Editorial Graficolor, 2001. 201p.

RIVERA BARRERO, Julio Cesar. Producción Bovina para leche. Pasto: Graficolor, 1997. 137p.

-----Tecnología de la leche y derivados. Pasto: universitaria. 1995. 282p.

RIVERA BARRERO, Julio Cesar; BENAVIDES ESPINDOLA, Oscar y REBOLLEDO MUÑOZ, Piedad. Influencia de la alimentación de las vacas en la composición proteica y energética de la leche. San Juan de Pasto: Vicerrectoría de investigación, postgrados y relaciones internacionales – VIPRI. Facultad de Ciencias Pecuarias, 2002. 66p.

RODRÍGUEZ, Fernando *et al.* Pastos y forrajes. En: Revista Corpoica. Ciencia y tecnología agropecuaria. Bogotá. Vol. 1, no.1 (octubre 1996); 23p.

RODRIGUEZ, Patricia; PORTILLA, Wilson y SARRALDE. Evaluación nutricional y degradabilidad “in situ” de algunas arbóreas y arbustivas con potencial forrajero para la suplementación de rumiantes en el Altiplano de Nariño, Colombia. San Juan de Pasto, 125p. Tesis de grado (Especialista en Producción de Bovinos para Leche). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Programa de Zootecnia.

ROOK J.A.F. y THOMAS C. Ensilaje para producción de leche. Agropecuaria Hemisferio Sur. 1981. 175p.

RUIZ, Manuel y RUIZ, Arnoldo. Nutrición de rumiantes: guía metodológica de investigación. Costa Rica: IICA Rispal. 1990. 343p.

SÁNCHEZ, WILLS Y FIGUEROA, J. Efecto de la población microbiana sobre las pruebas de digestibilidad *in vitro* e *in situ*. En: Revista de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Santafé de Bogotá. Vol. 46, no.2; (Octubre 1998); 17p.

SOTO, Luis. Digestibilidad y consumo del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* *Hoechst*) en ovinos bajo fertilización nitrogenada. Bogotá, 1979, 83p. Trabajo de grado (Magíster Scientiae). Universidad Nacional. Programa de estudios para graduados en Ciencias Agrícolas.

STERN M.S, CALSAMIGLIA S. Y ENDRESS M.I. Dinámica del metabolismo de los hidratos de carbono y del nitrógeno en el rumen. FEDNA. Noviembre 1994. <http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/94cap_IX_pdf_>.

UNIVERSIDAD DE LA FLORIDA. Forraje conservado en silo. 2002. <<http://www.ppca.com.ve>>.

URBINA ROJAS, Nicolás. Ganado de leche. Bogotá: UNISUR, 1994. 155p.

VASQUEZ, E. Y TORRES, S. Fisiología vegetal. La Habana, Cuba: Pueblo y educación. 1987. 643p.

VILLALOBOS Carlos, GONZÁLES Eduardo y ORTEGA José Alfonso. Técnicas para estimar la degradación de la proteína y materia orgánica en el rumen y su importancia en rumiantes en pastoreo. En: Técnica pecuaria en México. México, Vol. 38, No. 2; (mayo – agosto, 2000) 119-134p.

WILDMAN *et al* . A dairy cow body condition scoring system and its relationship to selected production variables in high producing Holstein dairy cattle. J. Dairy Sci, 1982. 495p.

ZAPATA, Oscar. Conservación de forrajes en la alimentación de animales. En: ICA Informa. Bogotá. Vol. 26, no. 3; (Julio - septiembre 1992); 15p.

ANEXOS

Anexo A. Cuadrado medio y F calculada para variables agronómicas

	Cuadrado medio	F calculada	R cuadrado	C.V
Biomasa seca	13.122116	1386.14**	0.9978	2.004
IAF	2.847091	17.66**	0.8594	14.6325
Altura	6632.8218	193.26**	0.9847	8.0312
C.C	3.8208062	1676.92**	0.9982	2.1068

** Altamente significativo ($p < 0.01$)

* Significativo ($p < 0.05$)

NS No significativo

Anexo B. Cuadrado medio y F calculada variables bromatológicas

	Cuadrado medio	F calculada	R cuadrado	C.V
Materia seca	139.6941	890.09**	0.9966	1.6311
Proteína	15.5531	15.06**	0.8377	12.7708
Fibra cruda	25.1182	5.43**	0.8048	13.4408
FDN	276.7241	25.59**	0.9057	4.4625
FDA	32.4397	2.90**	0.6680	9.4341
Hemicelulosa	133.1339	7.58**	0.8080	12.7822
Ceniza	18.8834	124.26**	0.9765	4.8186
ELN	135.5510	41.03**	0.4332	3.8329
Energía D.	37.0647	10.23**	0.7755	3.3550
Extracto etéreo	23.7768	49.64**	0.9442	9.0824

** Altamente significativo ($p < 0.01$)

* Significativo ($p < 0.05$)

NS No significativo

Anexo C. Cuadrado medio y F calculada para digestibilidad *In situ* del forraje en pío a las 24 horas

	Cuadrado medio	F calculada	R cuadrado	C.V
Materia seca	0.5658	14.74**	0.861088	2.623580
Proteína	1.6148	64.03**	0.957526	1.936017
FDN	1.1605	13.78**	0.836271	4.045043
FDA	8.4899	39.06**	0.929756	9.487299
Hemicelulosa	1.4133	44.19**	0.940315	2.131795

** Altamente significativo (p<0.01)

* Significativo (p<0.05)

NS No significativo

Anexo D. Cuadrado medio y F calculada para digestibilidad *In situ* del forraje en pío a las 48 horas.

	Cuadrado medio	F calculada	R cuadrado	C.V
Materia seca	1.1877	4.43*	0.601548	6.207651
Proteína	0.7136	4.03*	0.579006	4.744860
FDN	2.0886	4.10*	0.588468	8.783574
FDA	2.1153	5.75*	0.681567	8.852440
Hemicelulosa	0.9604	25.33**	0.894587	2.136630

** Altamente significativo (p<0.01)

* Significativo (p<0.05)

NS No significativo

Anexo E. Cuadrado medio y F calculada para digestibilidad *In situ* del forraje en pío a las 72 horas.

	Cuadrado medio	F calculada	R cuadrado	C.V
Materia seca	0.8191	12.84**	0.834733	2.933136
Proteína	0.2582	4.66*	0.700790	2.656132
FDN	1.7347	14.30**	0.840657	4.125136
FDA	3.8646	11.45**	0.822169	8.612118
Hemicelulosa	0.1849	16.20**	0.8498	1.126611

** Altamente significativo (p<0.01)

* Significativo (p<0.05)

NS No significativo

Anexo F. Cuadrado medio y F calculada para digestibilidad *In situ* del ensilaje a las 24 horas.

	Cuadrado medio	F calculada	R cuadrado	C.V
Materia seca	0.3195	2.88NS	0.636905	5.9993
Proteína	4.0225	145.32**	0.986481	2.5754
FDN	1.1796	4.50*	0.708759	8.4862
FDA	0.9642	8.20*	0.816332	6.3258
Hemicelulosa	2.1481	4.54NS	0.709367	10.4034

** Altamente significativo (p<0.01)

* Significativo (p<0.05)

NS No significativo

Anexo G. Cuadrado medio y F calculada para digestibilidad *In situ* del ensilaje a las 48 horas.

	Cuadrado medio	F calculada	R cuadrado	C.V
Materia seca	0.2749	9.11*	0.824935	2.085588
Proteína	2.8130	187.65**	0.989509	1.466770
FDN	0.1861	25.07*	0.934209	1.152212
FDA	1.4387	8.36*	0.809880	6.332471
Hemicelulosa	0.2332	2.14NS	0.565672	3.933561

** Altamente significativo (p<0.01)

* Significativo (p<0.05)

NS No significativo

Anexo H. Cuadrado medio y F calculada para digestibilidad *In situ* del ensilaje a las 72 horas.

	Cuadrado medio	F calculada	R cuadrado	C.V
Materia seca	0.1779	25.65*	0.951135	0.947631
Proteína	2.0143	161.24**	0.988196	1.250184
FDN	0.3964	26.34*	0.937203	1.512762
FDA	2.8008	124.50**	0.985018	2.065610
Hemicelulosa	0.2729	3.94NS	0.671079	2.942821

** Altamente significativo (p<0.01)

* Significativo (p<0.05)

NS No significativo

Anexo I. Cuadrado medio y F calculada para prueba de comportamiento con vacas en producción

	Cuadrado medio	F calculada	R cuadrado	C.V
Consumo de MS	13.2103.	16.82*	0.920552	6.127297
Variación de peso	0.0039	3.38NS	0.908777	32.38445
Condición corporal	0.1093	1.62NS	0.633803	8.410772
Producción promedia	1.5821	4.24NS	0.971714	5.040107

** Altamente significativo ($p < 0.01$)

* Significativo ($p < 0.05$)

NS No significativo

Anexo J. Cuadrado medio y F calculada para composición de la leche

	Cuadrado medio	F calculada	R cuadrado	C.V
Proteína	0.0328	1.30NS	0.654376	5.514141
Acidez	0.4850	1.87 NS	0.896437	3.249069
Densidad	0.0000	2.53NS	0.814141	0.065735
Grasa	0.5369	5.50*	0.857944	10.50140
Sólidos totales	0.6811	3.89NS	0.876540	3.591816
Sólidos no grasos	0.0756	2.39 NS	0.858644	2.051211
Nitrógeno ureico	2.7896	0.74 NS	0.597637	22.73316
Úrea	12.6490	0.73 NS	0.595356	22.74010

** Altamente significativo ($p < 0.01$)

* Significativo ($p < 0.05$)

NS No significativo

