

**VALORACION NUTRICIONAL DEL ENSILAJE DE DOS CEREALES
FORRAJEROS EN MEZCLA CON RAYGRAS**

**CARLOS CRHISTIAN ENRIQUEZ INSUASTY
MARIA ISABEL NARVÁEZ VILLOTA**

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

**VALORACION NUTRICIONAL DEL ENSILAJE DE DOS CEREALES
FORRAJEROS EN MEZCLA CON RAYGRAS**

**CARLOS CRHISTIAN ENRIQUEZ INSUASTY
MARIA ISABEL NARVÁEZ VILLOTA**

**Tesis de grado presentada como requisito parcial para optar al titulo de
Zootecnistas**

**Presidente
OSCAR FERNANDO BENAVIDES E.
Zoot. Esp; M.Sc**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
PROGRAMA DE ZOOTECCIA
PASTO – COLOMBIA
2003**

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

Artículo 1ro. del acuerdo N° 324 de Octubre 11 de 1966, emanado del Honorable consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

San Juan de Pasto, Noviembre de 2003

DEDICATORIAS

A Dios todopoderoso, por darme la oportunidad de culminar este sueño.

A mis padres (Carlos y Gladys) por su ejemplo y dedicación a lo largo de mi carrera.

A mis hermanos (Andrés, Paola y Yuli) por su comprensión y apoyo.

A mis abuelos (Carmela y Julio) por brindarme su apoyo.

A mis tíos y primos.

A María Isabel Narváez y familia por darme la oportunidad de compartir gratos momentos de mi vida

A profesores y amigos

CARLOS CRHISTIAN ENRIQUEZ INSUASTY

DEDICATORIAS

A Dios y a Maria su madre, por permitirme vivir y por guiar e iluminar mi destino.

A mi madrina Martha por brindarme su cariño y apoyo incondicional en todos los momentos de mi vida.

A mis padres Florencio y Esperanza por sus enseñanzas y dedicación a lo largo de mi carrera.

A mi hermana Martha por su alegría y confianza.

A profesores y amigos.

MARIA ISABEL NARVAEZ VILLOTA

AGRADECIMIENTOS

UNIVERSIDAD DE NARIÑO, Facultad de ciencias pecuarias, San Juan de Pasto.

OSCAR FERNANDO BENAVIDES ESPINDOLA, Zootecnista M.Sc., Universidad de Nariño, San Juan de Pasto.

JULIO CESAR RIVERA BARRERO, Zootecnista M.Sc., Universidad de Nariño, San Juan de Pasto.

HERNAN OJEDA JURADO, Zootecnista Esp., Universidad de Nariño, San Juan de Pasto.

CARLOS SOLARTE PORTILLA, Zootecnista Ph.D. Genética, Universidad de Nariño, San Juan de Pasto.

ANTONIO BOLAÑOS, Ingeniero Agrónomo, CORPOICA, San Juan de Pasto.

EDMUNDO APRAEZ GUERRERO, Zootecnista Ph.D., Universidad de Nariño, San Juan de Pasto.

MARTHA DELGADO VILLOTA, propietaria de la hacienda Santa Marta. El Espino.

ANALUZ ARISTIZABAL MUÑOZ, Zootecnista, San Juan de Pasto.

GLORIA SANDRA ESPINOZA NARVAEZ, Ingeniera Acuícola, laboratorio de bromatología, Universidad de Nariño, San Juan de Pasto.

A todas aquellas personas y entidades que de alguna u otra forma hicieron posible este trabajo.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	25
1. DEFINICION Y DELIMITACION DEL PROBLEMA	27
2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	29
3. OBJETIVOS	30
3.1 OBJETIVO GENERAL	30
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	30
4. MARCO TEORICO	31
4.1. PARAMETROS VEGETATIVOS	31
4.1.1 Cobertura	31
4.1.2 Composición botánica	31
4.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS ESPECIES A UTILIZAR	32
4.2.1 Raygras Aubade (<i>Lolium sp.</i>)	32
4.2.2 Avena forrajera (<i>Avena sativa</i>)	38
4.2.3 Cebada forrajera (<i>Hordeum vulgare</i>)	44
4.3 CONSERVACIÓN DE FORRAJES	50
4.3.1 Objetivos de la conservación de forrajes	50
4.3.2 Fuentes y restricciones	51

4.4	METODOS DE CONSERVACION	52
4.5	ENSILAJE	52
4.5.1	Objetivo del ensilaje	53
4.5.2	Restricciones y ventajas	53
4.5.3	Fases en el proceso de ensilaje	55
4.5.4	Actividad bioquímica en el proceso de ensilado	58
4.5.5	Actividades de enzimas vegetales y microorganismos	60
4.5.6	Valor nutritivo de los ensilados	64
4.5.7	Calidad del forraje ensilado	65
4.5.8	Evaluación de la calidad del ensilado	66
4.5.9	Compuestos a objetos de cambios químicos	68
4.5.10	Pérdidas durante el proceso	70
4.6	TIPO DE SILOS	71
4.6.1	Microsilos	73
4.7	EXPERIENCIAS INVESTIGATIVAS SOBRE ENSILAJES EN EL DEPARTAMENTO DE NARIÑO	75
4.8	DIGESTIBILIDAD DE LOS ALIMENTOS	77
4.8.1	Métodos utilizados para la determinación de la digestibilidad	78
5.	DISEÑO METODOLÓGICO	84
5.1	LOCALIZACIÓN	84
5.2	MATERIALES	85
5.3	CARACTERÍSTICAS DEL SUELO	85
5.4	AREA EXPERIMENTAL	86

5.5	METODO	87
5.5.1	Labores de cultivo	87
5.5.2	Parámetros vegetativos	89
5.5.3	Actividades del proceso de ensilaje	91
5.6	VARIABLES A MEDIR	96
5.7	DISEÑO ESTADÍSTICO	96
5.7.1	Tratamientos	96
6.	PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS	98
6.1	COMPORTAMIENTO CLIMATICO	98
6.2	PORCENTAJE DE GERMINACION	99
6.3	COMPOSICION BOTANICA	100
6.4	COBERTURA	102
6.5	PRODUCCION DE FORRAJE	102
6.6	ANALISIS BROMATOLOGICO DEL FORRAJE VERDE	105
6.6.1	Materia seca	106
6.6.2	Porcentaje de proteína	107
6.6.3	Ceniza	107
6.6.4	Extracto etéreo	107
6.6.5	Fibra en detergente neutro (FDN)	108
6.6.6	Fibra en detergente ácido (FDA)	108
6.6.7	Calcio y fósforo	109
6.6.8	Energía	110
6.6.9	Extracto no nitrogenado (ENN)	110

6.7	EVALUACION DE LAS CARACTERISTICAS FISICAS Y BROMATOLOGICAS DE LOS ENSILAJES	111
6.7.1	Caracterización organoléptica	111
6.7.2	Composición bromatológica de los ensilajes	113
6.8	DIGESTIBILIDAD <i>IN VITRO</i> DE LA MATERIA SECA (DIVMS)	120
6.9	DIGESTIBILIDAD <i>IN SITU</i>	121
6.9.1	Digestibilidad <i>in situ</i> de la materia seca	122
6.9.2	Digestibilidad <i>in situ</i> de la proteína	123
6.9.3	Digestibilidad <i>in situ</i> de la fibra en detergente neutro (FDN)	124
6.9.4	Digestibilidad <i>in situ</i> de la fibra en detergente ácido (FDA)	125
6.9.5	Digestibilidad <i>in situ</i> de la hemicelulosa	126
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	128
7.1	CONCLUSIONES	128
7.2	RECOMENDACIONES	130
	BIBLIOGRAFIA	132
	ANEXOS	140

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1 Características determinantes de la calidad del ensilaje húmedo	68
Tabla 2 Rangos en la composición química (% de la M.S) de gramíneas forrajeras	76
Tabla 3 Rangos en la composición química de los ensilajes (% de la M.S) de gramíneas forrajeras	76
Tabla 4 Composición bromatológica de los ensilajes de avena L-15 Avena cayuse y triticales	77
Tabla 5 Análisis de suelos	86
Tabla 6 Producción de forraje verde y seco de las mezclas raygras aubade - avena y raygras aubade - cebada	102
Tabla 7 Composición bromatológica de las mezclas en base seca	105
Tabla 8 Composición bromatológica de los ensilajes	113

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1 Proceso normal de la temperatura durante el ensilado	57
Figura 2 Proceso normal del pH durante el ensilado	57
Figura 3 Cosecha del forraje a los 120 días	88
Figura 4 Picado del forraje	92
Figura 5 Llenado del silo	94
Figura 6 Mapa de campo de la distribución del diseño	97
Figura 7 Valores mensuales de precipitación pluvial para Sapuyes (Nariño)	98
Figura 8 Composición botánica de la mezcla raygras aubade - avena	101
Figura 9 Composición botánica de la mezcla raygras aubade - cebada	101
Figura 10 Curva de regresión para la mezcla raygras aubade - avena	104
Figura 11 Curva de regresión para la mezcla raygras aubade - cebada	105
Figura 12 Ensilaje de la mezcla raygras aubade - avena	112
Figura 13 Ensilaje de la mezcla raygras aubade - cebada	112
Figura 14 Degradabilidad <i>in situ</i> de la materia seca	122
Figura 15 Degradabilidad <i>in situ</i> de la proteína	123
Figura 16 Degradabilidad <i>in situ</i> de la FDN	124
Figura 17 Degradabilidad <i>in situ</i> de la FDA	125

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A Porcentaje de germinación para el raygras aubade	141
Anexo B Porcentaje de germinación para la avena forrajera	141
Anexo C Porcentaje de germinación para la cebada forrajera	141
Anexo D Método de regresión lineal descrito por Haydock y Shaw para Determinar la producción de forraje.	142
Anexo E Estadística de regresión para la mezcla raygras aubade - avena	143
Anexo F Estadística de regresión para la mezcla raygras aubade - cebada	144
Anexo G Prueba T para el análisis de la materia seca	145
Anexo H Prueba T para el análisis de la proteína	145
Anexo I Prueba T para el análisis de la FDN	145
Anexo J Prueba T para el análisis de la FDA	146
Anexo K Prueba T para el análisis de la ceniza	146
Anexo L Prueba T para el análisis del extracto etéreo	146
Anexo M Prueba T para el análisis del pH	147

Anexo N	Coeficientes de digestibilidad del ensilaje raygras aubade - avena	147
Anexo Ñ	Coeficientes de digestibilidad del ensilaje raygras aubade - cebada	147

GLOSARIO

ADITIVOS: sustancias que incrementan la cantidad de carbohidratos solubles fermentables, corrigen la humedad del forraje y mejoran de esta manera las condiciones del proceso.

CAPACIDAD BUFFER: es la resistencia que presentan los forrajes al descenso del pH, en un proceso fermentativo.

COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDAD: es una medida de la proporción del alimento que es digestible. La digestibilidad de un nutriente se mide típicamente como la diferencia entre la cantidad ingerida y la cantidad excretada como porcentaje del total ingerido.

DIGESTIBILIDAD: puede definirse como la cantidad de alimento que no se excreta en las heces y que por tanto se considera absorbida por el animal.

ENSILAJE: proceso de conservación de pastos y forrajes con un determinado estado de humedad y con pérdidas mínimas de materia seca, basado en una fermentación anaeróbica.

FERMENTACION: cambio químico sufrido en ciertas sustancias orgánicas por la acción de las enzimas microbianas, generalmente con desprendimiento de gases.

MICROSILOS: se utilizan en pruebas de calidad y proyectos experimentales, se preparan en bolsas de menor capacidad (1 – 20 Kg.)

SILOS: estructuras utilizadas en sistemas de almacenamiento para realizar el proceso de ensilaje.

RESUMEN

El presente trabajo se realizó con el fin de evaluar el comportamiento de algunas especies forrajeras frente al proceso de ensilaje a nivel de finca.

Las especies utilizadas fueron avena y cebada forrajera en mezcla con raygras aubade, las cuales se adaptan a las condiciones climáticas presentes en el altiplano Nariñense.

El método utilizado para la elaboración de ensilaje fue el de microsilos en bolsa de polietileno negra calibre 8, con capacidad de 20 kg. Las variables evaluadas que se tuvieron en cuenta fueron: producción de forraje, calidad del forraje, calidad del ensilaje, digestibilidad *IN VITRO* e *IN SITU* del ensilaje.

El trabajo de campo se realizó en un terreno plano (1 hectárea), donde se utilizó un área de 6666 m² dividida en 16 parcelas iguales, donde se distribuyeron al azar los tratamientos.

Los resultados obtenidos se analizaron de acuerdo a cada variable, así para la producción de forraje se analizó de acuerdo al método de regresión y la valoración del ensilaje mediante pruebas de comparación T.

La mezcla cebada - raygras aubade presentó mayor rendimiento MS/ha, sin embargo la mezcla avena - raygras aubade presentó mejores resultados en el análisis bromatológico del forraje verde y del ensilaje.

Además al comparar los resultados obtenidos tanto de la DIVMS como de la digestibilidad *IN SITU* se destaca que el ensilaje de cebada - raygras aubade presenta mayor porcentaje de degradación y por ende mejor digestibilidad.

Por lo anterior se puede decir que las mezclas utilizadas son idóneas para trabajarlas en producción animal.

SUMMARY

The present work was made with the purpose of evaluating the behavior of some fodders species front to the process of silage at farm level.

The species used were oats and fodders barley in mixture with raygras aubade, which adapt to the present climatic conditions in the Nariñense plateau.

The method used for the elaboration of silage was the of microsilos in black polyethylene package caliber 8, with capacity of 20 kg. The evaluated variable that considered were: forage production, quality of the forage, quality of the silage, digestibility *IN VITRO* and *IN SITU* of the silage.

The fieldwork was made in a flat land (1 hectare), where an area of 6666 m² was used divided in 16 equal parcels, where the treatments were distributed at random.

The obtained results were analyzed according to each variable, thus for the forage production was analyzed according to the regression method and the valuation of the silage by means of tests of comparison T.

The mixture barley - raygras aubade presented greater MS/ha yield, nevertheless the mixture oats - raygras aubade presented better results in the bromatologic analysis of the green forage and the silage.

In addition when comparing the results obtained as much of the DIVMS as of the digestibility *IN SITU* the silage of barley stands out that - raygras aubade presents greater percentage of degradation and therefore better digestibility.

By the previous thing it is possible to be said that the used mixtures are suitable to work them in bovine production.

INTRODUCCIÓN

La alimentación del ganado en Colombia, está basada en la utilización de los pastos bajo el sistema convencional del pastoreo y ocasionalmente bajo corte, ensilaje o heno. La modernización de la ganadería exige cambios en los sistemas de manejo, haciendo uso racional y eficiente de los recursos forrajeros.

El avance tecnológico en el uso de especies forrajeras y concretamente con el desarrollo de la biotecnología, posibilita características más deseables en las plantas, que posiblemente modificaran en alguna medida la utilización de los forrajes y su manejo tradicional.

Las gramíneas en mezclas con cereales forrajeros, presentan una alternativa para la producción lechera, ya que su uso como alimento se ha extendido en los últimos años, debido a que presentan mayores rendimientos con un buen contenido de carbohidratos y vitaminas.

Desde el punto de vista práctico, surge la necesidad de utilizar un método de conservación de forraje que sea de fácil implementación a nivel de finca, proporcione alimento de calidad en cualquier época del año y rebaje los costos de producción, con el fin de mantener la utilidad para el productor. De ahí, la

importancia que representa el ensilaje para el sector lechero del Departamento de Nariño.

No obstante, para Arciniegas¹, es importante evaluar el comportamiento de especies forrajeras que presenten características adecuadas de adaptación a las condiciones climáticas del medio, las cuales se encuentran influenciadas por la altitud (2500 a 3200 m.s.n.m), la acción de los vientos (en promedio de 4.9 m/seg), la temperatura ambiental (en promedio 10.9 °C), la humedad relativa (83 a 86%), entre otras.

Los factores mencionados anteriormente son determinantes en la elección de especies con potencial productivo para la zona; tal es el caso del raygras aubade (*Lolium sp*), avena forrajera (*Avena sativa*) y cebada forrajera (*Hordeum vulgare*), las cuales pueden ser sometidas a procesos de ensilaje para su posterior estudio en laboratorio con miras a determinar su importancia en la producción animal.

¹ARCINIEGAS, Solange. Plan Básico de Ordenamiento Territorial. Municipio de Túquerres - Nariño. 2002. p. 8

1. DEFINICION Y DELIMITACION DEL PROBLEMA

En el departamento de Nariño el 18% de su área corresponde a piso térmico frío, que constituye la zona más explotada; el piso térmico de páramo cubre el 9% de la superficie del departamento. La zona lechera que comprende principalmente los municipios de Pasto, Guachucal, Cumbal, Túquerres e Ipiales está localizada entre los 2500 y 3200 m.s.n.m. Se caracteriza por ser montañosa, con topografías quebradas, fuertemente onduladas y en algunos casos planas, especialmente en los altiplanos de Túquerres e Ipiales, con predominio de pHs ácidos. El 24% de estos suelos son pobres en materia orgánica, el 59% tienen valores bajos de fósforo, el 67% presentan bajos contenidos en magnesio y agregándose a esto, contienen altos niveles de potasio².

Para la secretaria de agricultura y medio ambiente del departamento de Nariño³, la producción lechera se maneja mediante programas de pastoreo, donde sobresalen en la pradera tradicional los pastos naturalizados como kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y falsa poa (*Holcus Lanatus*), cuya distribución es de 63.766 Has.

Así mismo, en la pradera mejorada predominan los raygrases (*Lolium sp.*) ocupando un área de 56.730 Has., que en algunos casos son suplementados con balanceados comerciales.

²SIERRA, José Oscar. Principales especies forrajeras de clima frío. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia / Colombia, 2000. p. 1 <<http://kogi.udea.edu.co>>

³SECRETARIA DE AGRICULTURA Y MEDIO AMBIENTE DEL DEPARTAMENTO DE NARIÑO. Consolidado agropecuario, acuícola y pesquero. Colombia – Nariño: Secretaría de Agricultura, 2001. p. 52

Estos pastos son los idóneos para la zona si se les ofrece el manejo adecuado, ya que los pastos naturalizados como el kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), son tolerantes a sequías cortas pero muy susceptibles a heladas y ofrecen buenos resultados productivos cuando su manejo es en asocio con otras especies como el trébol. Así mismo, los pastos mejorados requieren suelos de alta fertilidad y son tolerantes a las heladas, ofreciendo buenos resultados productivos solos o en asocio con otras especies.

Para Rivera⁴, dado a que en la región la mayoría de los productores son minifundistas (80%), no pueden adoptar paquetes tecnológicos que vayan en pro de solventar problemas de limitación alimentaria en la época de escasez, sin embargo los medianos y grandes productores han podido adoptar estos paquetes generando producciones altas de gramíneas y leguminosas de calidad propias para realizar ensayos de ensilaje, heno y/o henolaje. Por lo cual, será factible trasladar los resultados en la fabricación de los diferentes tipos de silos (trinchera, montón, etc.).

⁴RIVERA, Julio. Políticas y programas de desarrollo. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias. Especialización en producción de bovinos para leche, San Juan de Pasto, 1990. p.163

2. FORMULACION DEL PROBLEMA

La actividad ganadera en la zona lechera del departamento de Nariño, se ve enfrentada a soportar veranos prolongados y/o heladas que conjuntamente con la falta de actualización en los sistemas de producción de forraje, permiten que no se mantengan los niveles adecuados de suministro de alimento en cuanto a calidad y cantidad durante todo el año generando un desequilibrio nutricional que se traduce en una disminución productiva de la empresa y por consiguiente en la rentabilidad de la misma.

Además, la calidad genética que presentan los animales de la zona, hace que sea punto prioritario la rápida ejecución de soluciones alimenticias para no desestimar el potencial lechero que estos animales presentan y a nivel de minifundio, para que el pequeño productor no tenga que salir de sus animales en la época de verano.

Por los factores anteriormente mencionados, es importante desarrollar investigaciones a cerca de la técnica de ensilaje como método de conservación de forrajes y como estrategia de ajuste en los periodos de escasez de alimento.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar algunas características productivas y nutricionales del ensilaje de dos cereales forrajeros en mezcla con raygras mediante las técnicas de digestibilidad “*in vitro*” e “*in situ*”.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Determinar el comportamiento productivo de la Avena forrajera (*Avena sativa*) y Cebada forrajera (*Hordeum vulgare*) en mezcla con Raygras aubade (*Lolium sp*).

Evaluar las características bromatológicas y físicas de los anteriores ensilajes.

Determinar la digestibilidad “*in vitro*” e “*in situ*” de los ensilajes en estudio.

4. MARCO TEORICO

4.1. PARÁMETROS VEGETATIVOS

4.1.1 Cobertura. Para el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y Oficina Regional de la FAO para América Latina y El Caribe (RLAC), la cobertura es la proyección vertical de la porción área de la planta sobre la superficie del suelo, y se expresa en porcentaje de dicha proyección, su valor se puede estratificar en una escala numérica y de magnitudes como la siguiente:

- | | | |
|---|---|--|
| 1 | = | Cobertura menor que 5% de la superficie de suelo. |
| 2 | = | Cobertura entre 5 y 25% de la superficie de suelo. |
| 3 | = | Cobertura entre 25 y 50% de la superficie de suelo. |
| 4 | = | Cobertura entre 50 y 75% de la superficie de suelo. |
| 5 | = | Cobertura entre 75 y 100% de la superficie de suelo ⁵ . |

4.1.2 Composición botánica. Según INTA y RLAC⁶ “se refiere a la cantidad relativa de diferentes especies de plantas presentes; el porcentaje de composición

⁵INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA AGROPECUARIA (INTA) Y OFICINA REGIONAL DE LA FAO PARA AMERICA LATINA Y EL CARIBE (RLAC). Principios de manejo de praderas naturales. Santiago de Chile – Chile: INTA y RLAC, 1986. p. 155

⁶ INTA y RLAC, Op, cit., p. 160

puede ser basado en frecuencias, coberturas, densidades o peso. La fórmula para determinar la composición vegetal es la siguiente”:

$$\% \text{ de composición} = \frac{\text{Suma de las medidas para cada especie}}{\text{Suma de todas las especies}} \times 100$$

4.2 CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS ESPECIES A UTILIZAR

4.2.1 RAYGRAS AUBADE (*Lolium sp*)

➤ **Clasificación taxonómica.** De acuerdo con Gonzáles la clasificación taxonómica es:

Reino:	Vegetal
División:	Magnoliophyta
Clase:	Angiospermae
Subclase:	Monocotyledoneae
Orden:	Glumiflorae
Familia:	Poaceae
Género:	Lolium
Especie:	Sp ⁷

➤ **Origen y distribución.** Según Barnes *et al*, “el raygras es originario de la zona del Mediterráneo, todo lo que abarca el sur de Europa, el norte de África y parte de Asia. Se ha cultivado en la mayoría del territorio comprendido por Europa, en gran

⁷GONZALES, Manuel. Cultivos extensivos. Monterrey – México. 2000. p. 1 <<http://www.qro.itesm.mx/>>

parte de Norteamérica, extendiéndose hasta Nueva Zelanda, Australia y Latinoamérica”⁸.

➤ **Agroecología.** Para Gonzáles, “se adapta a diferentes tipos de zonas y alturas; sus temperaturas óptimas de crecimiento y completo desarrollo son entre 15°C y 22°C, aunque algunas veces llega a soportar temperaturas por debajo del punto de congelación, pero sólo si son rangos de tiempo muy pequeños, por lo cual es resistente a heladas no tan extremas”⁹.

Para Barnes *et al* “el raygras germinará bien cuando las temperaturas diurnas se encuentren en un rango de 10° a 30°C. En zonas de climas más cálidos, es mayor la tasa de crecimiento cuando las temperaturas van de 15 a 20° C. Esto ayuda a la expansión foliar”¹⁰.

Para Gonzáles:

este pasto se adapta mejor a los climas frescos y húmedos. Su mejor crecimiento ocurre entre 68 y 77°F (20 a 25°C). Debido a esto, crece bien a principios de primavera y otoño. Aunque es más tolerante al calor que el raygras perenne, el estrés por temperatura provoca que la producción de verano disminuya aunque tenga un suministro adecuado de agua.

⁸BARNES, Robert *et al*. Forrajes. Introducción a la agricultura. 5 ed. 1995. p. 1 <<http://www.qro.itesm.mx/>>

⁹ GONZALES, Op. cit., p. 2

¹⁰ BARNES, Op. cit., p. 3

El raygras es una especie que demanda mucha humedad, y no soporta mucho la sequía, aunque no soportan zonas con mantos freáticos demasiados altos, ni un estancamiento de agua muy largo, así como mantener un exceso de humedad en el suelo. Es tolerante a períodos largos de inundación continua 15 a 20 días cuando las temperaturas son menores a 81°F (27°C)¹¹.

➤ **Descripción botánica.** Para De Souza, “es una planta erecta, rústica, con hijuelos de gran tamaño y hojas anchas. Tiene tallos cilíndricos y sin pelos. Su inflorescencia consiste en una espiga erecta, larga, que contiene entre nueve y doce flores en cada espiguilla”¹².

Bernal, expresa que “el aubade se considera como una planta anual. Bajo buenas condiciones de manejo, se comporta como bianual e inclusive como una planta perenne de corta duración y puede alcanzar entre 60 y 90 cm de altura con un follaje bastante abundante; en las condiciones de Colombia produce buenas cantidades de semilla”¹³.

Salamanca citado Hurtado y Realpe, afirma que “los raygrases especialmente el aubade presentan una alta producción de forraje, que se puede sembrar en asocio con otras especies forrajeras como tréboles. Posee un alto contenido de

¹¹ GONZALES, Op. cit., p. 3

¹² DE SOUZA, Manuel. Cultivos forrajeros y pascícolas. En: Enciclopedia práctica de la agricultura y la ganadería. Barcelona – España: Océano, 2000, p. 499

¹³ BERNAL, Javier. Pastos y forrajes tropicales. 3 ed. Santafé de Bogotá: Banco Ganadero, 1994, p. 447

proteína y aceptable contenido de fibra, además presenta excelente respuesta a la fermentación aumentando su producción”¹⁴.

➤ **Características del suelo.** De acuerdo con Gonzáles:

este tipo de pasto tolera suelos ácidos y suelos alcalinos, con un rango de pH entre 5 y 8.3. Para una buena producción de forraje necesitamos un pH entre 6 y 7. Es tolerante a suelos ácidos y alcalinos (pH 5.0 a 7.8). Abajo de un pH de 5.0, la toxicidad por aluminio puede ser un problema. Un pH más alto puede causar clorosis debido a deficiencias en hierro y magnesio. El mejor crecimiento ocurre cuando el pH del suelo es de 5.5 y 7.5¹⁵.

Para Barnes *et al* “se adapta a suelos con pH entre 5.5 y 8.0. El crecimiento óptimo se da a un pH de 5.7 y hacia abajo su desarrollo disminuye, por poca disponibilidad de nutrientes y posible toxicidad por aluminio (Al)”.

Barnes continúa afirmando que:

los suelos en los que mejor se desarrolla son suelos de textura media, o ligeramente pesados, como los suelos francos o tendiendo más a arcillosos. Se adapta a todos los suelos desde arena hasta arcilla y en suelos con drenaje pobre su producción es mayor con respecto a otros pastos anuales, por su habilidad para producir raíces

¹⁴HURTADO, Carlos y REALPE, Carlos. Respuesta del pasto aubade (*Lolium sp*) a la aplicación de diferentes niveles de abono orgánico en la vereda Cabrera, corregimiento de La Laguna – Nariño. Universidad de Nariño Facultad de Ciencias Pecuarias. Programa de Zootecnia, 1998, p. 10

¹⁵GONZALES, Op. cit., p. 4

adventicias en o cerca de la superficie. Aún así, la producción de biomasa es mejor en suelos fértiles, bien drenados¹⁶.

➤ **Fertilización.** Bernal afirma que:

los raygrases son exigentes en fertilización especialmente en nitrógeno, fósforo, calcio, azufre, magnesio, cobre, zinc y boro. Tradicionalmente se aplican dosis de nitrógeno como único fertilizante haciendo caso omiso de sus requerimientos en los otros elementos mayores y menores necesarios para el desarrollo balanceado del pasto. En el momento de la siembra se debe hacer la fertilización de establecimiento que deberá incluir todos los elementos que según el análisis químico del suelo se encuentran en cantidades inferiores a las requeridas por el pasto¹⁷.

➤ **Producción de forraje.** Para Salamanca “en condiciones naturales pueden lograrse producciones de más de 60 ton/ha. de forraje verde por año, correspondiendo a 10 ó 12 toneladas de forraje verde por corte”¹⁸.

Bernal afirma que “en la producción de forraje, se ha estudiado el efecto de la fertilización especialmente la nitrogenada sobre la producción de materia seca de los pastos en donde se ha obtenido una excelente respuesta en los ensayos del altiplano de Nariño y la sabana de Bogotá”¹⁹.

¹⁶ BARNES, Op. cit., p. 6

¹⁷ BERNAL, Op. cit., p. 515.

¹⁸ SALAMANCA, Rafael. Pastos y forrajes producción y manejo. Bogota Colombia: Universidad Santo Tomas USTA, 1990. p. 339.

¹⁹ BERNAL, Op. cit., p. 451.

➤ **Tipos de aprovechamiento.** De acuerdo con Salamanca “se puede usar para pastoreo mezclado con trébol, pero es preferible usarlo como pasto de corte, para ensilaje o para heno. Si la alternativa que se elige es pastorearlo, es aconsejable que se aproveche por fajas, en rotación y utilizando la cerca eléctrica”²⁰.

Silva manifiesta que “las gramíneas del tipo raygras, especialmente los nuevos tipos tetraploides destinados al ensilaje no deben cortarse antes de 45 días, o será necesario someterlos a un previo presecado antes de ensilar, ya que en estados tempranos la proporción de energía – proteína no es adecuada, lo cual puede presentar fermentación butírica, por el exceso de proteína y alto contenido de humedad”²¹.

➤ **Valor nutritivo del aubade.** Argüelles citado por Hurtado Y Realpe, afirma que:

el valor nutritivo de los tetraploides estimado con base en valores de consumo, digestibilidad y análisis químico proximal, puede considerarse como excelente cosechado a 5 cm de altura. A las cinco semanas de rebrote presentó una digestibilidad del 88% y el contenido de proteína de 18% y al cosechar el forraje a 15 cm de altura a las siete semanas de recuperación se encontró una digestibilidad del 90% con el 24% de proteína²².

²⁰ SALAMANCA, Op. cit., p. 13.

²¹ SILVA, José Vicente. Manual Técnico de pastos y forrajes. Pasto-Colombia: Produmedios, 2001, p. 173

²² HURTADO y REALPE, Op. cit., p. 29

4.2.2 AVENA FORRAJERA (*Avena sativa*)

➤ **Clasificación taxonómica.** Según Robles la clasificación taxonómica de la avena forrajera es:

Reino:	Vegetal
División:	Tracheophyta
Sub división:	Pteropsidae
Clase:	Angiospermae
Sub clase:	Monocotiledoneae
Orden:	Graminales
Familia:	Gramineae
Tribu:	Aveneae
Género:	<i>Avena</i>
Especie:	<i>sativa</i> ²³

➤ **Origen y distribución.** Para Veríssimo:

en Europa apareció, probablemente mezclada con semillas de trigo, en la zona que corresponde a las actuales Alemania y Suiza, y al principio fue considerada como una mala hierba de los cultivos de trigo y cebada. En América se introdujo con la llegada de los colonizadores españoles, pero su cultivo careció de relevancia agrícola hasta el siglo XX, en el que ha comenzado a utilizarse como productora de biomasa, sobre todo en las zonas de clima templado, como las praderas de la pampa sudamericana, y como cultivo protector en las prácticas de siembra directa. El país latinoamericano que dedica mayor superficie a este cultivo es Argentina, con 215 mil hectáreas, seguido de Brasil, con 147 mil hectáreas²⁴.

²³ ROBLES, Raúl. Producción de granos y forrajes. 3 ed. México: Limusa, 1982. p.270

²⁴ VERISSIMO, Luis A. Cultivos herbáceos extensivos – Cereales. En: Enciclopedia práctica de la agricultura y la ganadería, 2000. p. 330

➤ **Agroecología.** De acuerdo con Gonzáles la avena forrajera es:

un cultivo de clima frío, aunque se adapta a distintos climas. En el límite septentrional para el cultivo de muchas plantas está determinado casi enteramente por la temperatura, por ello el cultivo de la avena se desarrolla entre la latitud de 65° norte y 45° latitud sur, exceptuando las regiones ecuatoriales, cálidas o muy húmedas.

La avena es una planta muy exigente en cuanto a su humedad. Sus requerimientos de agua son entre 700 a 1.000 mm de lluvia o de riego distribuidos en todo el periodo vegetativo. Para producir una tonelada de materia seca por hectárea, requiere un volumen de 1583 m³/ha de agua. Tolera suelos más húmedos que la cebada, ya que requiere más humedad que otros granos.

Por lo tanto, la avena es una planta cultivada desde 0 a 3100 m.s.n.m. y se adapta a varios tipos de clima como: semicálidos, templados y fríos. En general la avena tiene un cultivo preponderante en regiones de clima frío húmedo y frío seco. En las regiones con baja temperatura, donde ésta es un factor limitante, pueden emplearse variedades propias de invierno que muestran mayor resistencia al frío y las heladas. En climas templados extremos es preferible realizar el cultivo durante el invierno si se cuenta con riego.

Se necesita de una temperatura de -8°C para matar la plántula considerando que la planta no es tan resistente al frío como el trigo, centeno, etc. La muerte de la planta de avena en invierno, está asociada con la temperatura del suelo en los primeros 2.5 cm de profundidad, cuando el suelo tiene una temperatura de -5° C, ocurre una muerte parcial de la planta por invierno. La temperatura ambiental mínima y máxima para el cultivo de la avena es de 4.8 y 37 °C respectivamente. Mientras que la óptima varía en un rango que va de 25 a 30°C. La presencia de clima caliente y seco cuando la planta de avena está desarrollándose y en la fase de llenado de grano, da como resultado un bajo rendimiento de forraje y un pobre llenado de grano.

Se recomienda que cuando se realice el cultivo durante el invierno se den los riegos necesarios, con un intervalo de 15 a 25 días, dependiendo del clima y tipo de suelo. La avena al principio de su desarrollo no resiste niveles excesivos de humedad²⁵.

²⁵ GONZALES, Op. cit., p. 8

➤ **Descripción botánica.** Para Veríssimo, el sistema radicular de la avena es similar al del trigo, aunque su capacidad de profundización resulta mayor. Las hojas son análogas a las de las demás gramíneas: alargadas, estrechas y con vainas que abrazan completamente el tallo.

Los tallos son erectos, acanalados, más largos y menos rígidos que los del trigo; la inflorescencia de la avena está constituida por un racimo de espiguillas llamado panoja. La disposición de las espiguillas en el eje de la inflorescencia es variable y permite distinguir a los cultivares entre sí. Las flores no se abren hasta que se ha producido su autofecundación; a causa de ésta se clasifica a la avena en la categoría de especie autógama²⁶.

Según Bernal “la avena es una planta anual de crecimiento en matorros; macolla bien y produce numerosos tallos que alcanzan 1.5 metros o más, según la fertilidad del suelo; también posee inflorescencias hasta de 25 cm de longitud”²⁷.

➤ **Características del suelo.** Según Gonzáles:

los requerimientos de suelo en el cultivo de la avena son menos específicos que para el trigo y la cebada, por que la avena se desarrolla bien en diferentes tipos de suelo y alcanza su máxima productividad en suelos de tipo limoso- aluvial. Exige suelos francos aunque tolera suelos pesados, y con buen drenaje que le permita un buen anclaje a las raíces de la planta. Debe ser rico en elementos

²⁶ VERISSIMO, Op. cit, p. 331

²⁷ BERNAL, Op. cit., p. 499

mayores (N-P-K) y con un pH entre 5.5 y 6.5, aunque puede tolerar un pH mayor si existe una fertilidad adecuada y un buen drenaje²⁸.

➤ **Tipos de aprovechamiento.** Para Veríssimo, la avena se cultiva principalmente por sus granos y, debido al almidón que contienen, constituye una parte importante de la fracción energética de los piensos elaborados en los países europeos.

En los países de Sudamérica se usa principalmente como planta forrajera o para pasto directo, aprovechando su elevada capacidad para producir biomasa, mientras que la producción de granos ha quedado reducida a la obtención de semilla. En la actualidad, la importancia de este cereal aumenta de forma espectacular, debido a la ampliación de las áreas dedicadas a soja y maíz cultivados con técnicas de siembra directa y con los que la avena se combina²⁹.

Bernal, afirma que “generalmente se emplea para corte y ensilaje, pero también puede pastorearse, especialmente cuando se deja retoñar después del primer corte. Puede usarse para heno particularmente cuando se mezcla con tréboles, vicia o arveja forrajera”³⁰.

²⁸ GONZALES, Op. cit., p. 10

²⁹ VERISSIMO, Op. cit., p. 331

³⁰ BERNAL, Op. cit., p. 500

Para el mismo autor, “la avena es una especie que puede durar hasta 1 año y dar 2 a 3 cortes. Sin embargo, se recomienda hacer solo un corte, aproximadamente a los 110 días de la siembra, cuando el grano está en estado de leche, especialmente si se usa para ensilar”³¹.

Salamanca afirma que “para utilizar la avena como forraje, el corte se hace cuando el grano se encuentra en estado lechoso o preferiblemente en estado masoso que es cuando se obtiene la máxima calidad y alto rendimiento”³².

➤ **Siembra.** Bernal afirma que, “debe utilizarse un terreno bien preparado, si es mecanizable debe hacerse en surcos separados de 30 a 60 cm y si no lo es puede sembrarse al voleo. La semilla debe cubrirse ligeramente con un “*cultipacker*” o rastra de ramas, procurando que no quede a más de 2 cm de profundidad”³³.

La cantidad de semilla recomendable varía entre 80 y 100 kg/ha, dependiendo de las condiciones del terreno y del método de siembra. Puede sembrarse en mezclas con pastos, caso en el cual se usa la distancia mayor entre surcos. Si se emplea este método se puede obtener una pradera aceptable después del corte

³¹ Ibid., p. 501

³² SALAMANCA, Op. cit., p. 115

³³ BERNAL, Op. cit., p. 500

de la avena. En este caso, la humedad es limitante y debe asegurarse un buen suministro de agua a la mezcla³⁴.

➤ **Fertilización.** Según Bernal, cuando se siembra en terrenos que no habían sido cultivados con anterioridad, es recomendable aplicar un fertilizante completo al momento de la siembra, a razón de 200 a 300 kg/ha. Si en el suelo hay una buena cantidad de materia orgánica en descomposición es recomendable aplicar unos 50kg/ha de nitrógeno cuando la avena alcanza de 20 a 25 cm de altura.

Cuando se siembra después de un cultivo bien fertilizado, no es necesario aplicar fertilizante completo, pues la avena puede aprovechar muy bien el fertilizante residual de la cosecha anterior; en este caso, se recomienda aplicar solamente nitrógeno a razón de 50 kg/ha cuando la avena alcanza de 20 a 25 cm de altura.

En cada caso particular, las dosis y frecuencias de aplicación de los fertilizantes se deben determinar de acuerdo con el análisis químico del suelo³⁵.

➤ **Producción de forraje.** Para Bernal “si se cosecha para ensilar en el estado de leche, puede suministrar entre 30 y 40 Ton/ha de forraje verde”³⁶.

➤ **Valor nutritivo.** Salamanca menciona que:

³⁴ Ibid., p. 500

³⁵ Ibid., p. 500

³⁶ Ibid., p. 501

en su estado óptimo puede alcanzar niveles del 15% de proteína. Es importante considerar que a medida que se atrasa la época de corte, se disminuye el porcentaje de proteína, como también la digestibilidad, la vitamina A y el caroteno. La digestibilidad aparente del ensilaje de avena contiene aproximadamente el 60% de NDT, lo cual corresponde a un ensilaje de buena calidad. La composición química varía principalmente con el estado de desarrollo y también puede variar con la fertilidad³⁷.

4.2.3 CEBADA FORRAJERA (*Hordeum vulgare*)

➤ **Clasificación taxonómica.** Robles menciona que la clasificación taxonómica de la cebada forrajera es:

Reino:	Vegetal
División:	Tracheophyta
Sub división:	Pteropsidae
Clase:	Angiospermae
Sub clase:	Monocotiledoneae
Grupo:	Glumiflora
Orden:	Graminales
Familia:	Gramineae
Género:	Hordeum
Especie:	vulgare ³⁸

➤ **Origen y distribución.** Para Veríssimo, la zona de origen más probable de la cebada es la comprendida entre los ríos Tigris y Eufrates, desde donde se extendió hasta Marruecos, China, Nepal e India. La primera cebada que se cultivó

³⁷SALAMANCA, Op. cit., p. 115

³⁸ROBLES, Op. cit., p. 249

fue la de dos carreras. Las cebadas de cuatro y seis carreras han sido, sin embargo, el resultado de mutaciones ocurridas en la naturaleza.

La cebada de dos carreras llegó a la costa este del continente americano de manos de los británicos, en tanto que la de seis carreras llegó por México, California y Sudamérica, con los españoles. Comparativamente, el cultivo de este cereal ha conocido en América del Sur un desarrollo notablemente restringido, en todo el subcontinente no llega a abarcar el millón de hectáreas³⁹.

➤ **Agroecología.** Para Gonzáles, la cebada es una planta gramínea anual que esta adaptada a un amplio rango de condiciones ambientales en las zonas templadas y frías. Se desarrolla desde el nivel del mar hasta 4260 m.s.n.m. Las temperaturas idóneas del cultivo se encuentran entre 15 y 25 °C. Resiste temperaturas hasta 16°C bajo cero. Alcanza de 70 a 110 cm de altura según la variedad y el medio ambiente⁴⁰.

➤ **Descripción Botánica.** Para Infoagro, “la cebada pertenece a la familia de las gramíneas. Las espiguillas se encuentran unidas directamente al raquis, dispuestas de forma que se recubren unas a otras. Las glumas son alargadas y

³⁹ VERISSIMO, Op. cit., p.319

⁴⁰ GONZALES, Op. cit., p. 12

agudas en su vértice y las glumillas están adheridas al grano, salvo en la cebada conocida por “desnuda”. Las glumillas se prolongan por medio de una arista”⁴¹.

Para el mismo autor:

las cebadas cultivadas se distinguen por el número de espiguillas que quedan en cada diente del raquis. Si queda solamente la espiguilla intermedia, mientras abortan las laterales, tendremos la cebada de dos carreras (*Hordeum distichum*); si aborta la espiguilla central, quedando las dos espiguillas laterales, tendremos la cebada de cuatro carreras (*Hordeum tetrastichum*); si se desarrollan las tres espiguillas tendremos la cebada de seis carreras (*Hordeum hexastichum*).

La cebada es una planta de hojas estrechas y color verde claro. La planta de cebada suele tener un color verde más claro que el del trigo y en los primeros estadios de su desarrollo la planta de trigo suele ser más erguida.

El tallo es de porte bajo. Las flores tienen tres estambres y un pistilo de dos estigmas. Es planta autógena. Las flores abren después de haberse realizado la fecundación, lo que tiene importancia para la conservación de los caracteres de una variedad determinada⁴².

➤ **Características del suelo.** Según Gonzáles “Para su cultivo, los suelos alcalinos moderados el pH debe encontrarse en un rango de 7 a 8.5, mientras que para aquellos terrenos ácidos moderados el pH debe conservarse entre 5 y 7”⁴³.

⁴¹ INFOAGRO. Cultivo de la cebada. Santiago, Chile. 2002, p. 1 <www. InfoAgro.com>

⁴² Ibid., p. 2

⁴³ GONZALES, Op. cit., p. 14

Agualtiplano manifiesta que “la cebada necesita suelos con buen drenaje y no tan fértiles, prefiere tierras ricas en cal y potasa pero no compactas. Es vigorosa y resistente a la sequía, puede cultivarse en suelos marginales. Se han seleccionado variedades resistentes a la sal para mejorar su productividad en regiones litorales”⁴⁴.

➤ **Exigencias del cultivo.** De acuerdo con InfoAgro:

la cebada tiene un coeficiente de transpiración superior al trigo, aunque, por ser el ciclo más corto, la cantidad de agua absorbida es algo inferior. La cebada tiene como ventaja que exige más agua al principio de su desarrollo que al final, por lo que es menos frecuente que en el trigo el riesgo de asurado. De ahí que se diga que la cebada es más resistente a la sequía que el trigo, y de hecho así es, a pesar de tener un coeficiente de transpiración más elevado.

Se da la cebada en tierras fértiles, pero puede tener buenas producciones en suelos poco profundos y pedregosos, con tal de que no falte el agua al comienzo de su desarrollo. No le van bien los terrenos demasiado arcillosos y tolera bien el exceso de salinidad en el suelo.

En cuanto al calcio, la cebada es muy tolerante, vegetando bien incluso en suelos muy calizos, por lo que muchas veces a este tipo de suelos es corriente llamarlos “cebaderos”, si bien tiene un amplio margen en cuanto a tolerancia de diferentes valores de pH⁴⁵.

⁴⁴ AGUALTIPLANO. Cultivo de la cebada. México. 2002, p. 1 <www.agualtiplano.net/cultivos/cebada>

⁴⁵ INFOAGRO, Op. cit., p. 2

➤ **Variedades.** Para el mismo autor, la cebada de secano se cultiva normalmente en aquellas tierras que, por ser más ligeras y con menor poder retentivo del agua, no son idóneas para el trigo.

En lo que se refiere a regadío, permite una siembra más tardía que el trigo, siendo una especie muy adecuada para ir detrás de cultivos que pueden ver retrasada su recolección al invierno, como son el maíz, remolacha, etc. A su vez, al recogerse antes que el trigo, es más adecuada que aquél en aquellas zonas en que pueda sembrarse una segunda cosecha, como maíz o girasol.

Las características fundamentales que es necesario tener en cuenta a la hora de elegir una variedad se pueden agrupar en tres grandes grupos⁴⁶:

1. Productividad. Para InfoAgro, la productividad es:

un factor fundamental, pero visto desde el prisma de capacidad productiva en condiciones de cultivo más bien mediocres. Dados los suelos y climas en que la cebada se va a cultivar, es necesario que la variedad a sembrar sea capaz de dar buenas producciones en condiciones áridas y de fertilidad mediocre. Por tanto, un factor fundamental que deben presentar las variedades de cebada es buena rusticidad cuando vayan a cultivarse en secano. Indudablemente, las cebadas que sean para regadío deben presentar una alta capacidad productiva⁴⁷.

⁴⁶ Ibid., p. 3

⁴⁷ Ibid., p. 4

2. Factores de regularidad de los rendimientos. Entre los más importantes tenemos:

➤ **Precocidad.** es muy importante prestar atención a este factor, aunque la cebada es muy precoz, como tal especie, pero se presentan diferencias sensibles entre variedades. Dentro de los límites lógicos, marcados por las fechas medias en que se presentan heladas tardías, es preferible cultivar la variedad más precoz posible. La adecuada precocidad permitirá una mayor resistencia a la sequía⁴⁸.

➤ **Resistencia al frío.** las cebadas de ciclo corto son sensibles al frío, aunque existen diferentes variedades. Al sembrarse al final del invierno en zonas frías, generalmente, pueden escaparse de este accidente⁴⁹.

➤ **Resistencia a enfermedades.**

3. Factores de calidad. InfoAgro continúa mencionando que generalmente, las cebadas de ciclo largo suelen emplearse para pienso, aunque existen excepciones, mientras que las de ciclo corto, aunque no todas, se utilizan para maltería y producción de cerveza. Para las cebadas de pienso las seis carreras

⁴⁸ Ibid., p. 5

⁴⁹ Ibid., p. 7

(suelen ser las denominadas "cebada caballar") son de mejor calidad que las de dos carreras (cebada cervecera)⁵⁰.

4.3 CONSERVACIÓN DE FORRAJES

Para Sánchez, De la Torre y García:

el uso de prácticas de cosecha y conservación de forrajes que permitan regular la cobertura de las praderas y la oferta alimenticia durante la época de escasez, constituyen enfoques alternativos a los sistemas tradicionales de pastoreo extensivo, produciendo beneficios directos en los niveles productivos de leche y conservación de suelos por disminución de pisoteo.

Los procesos de conservación forrajera se constituyen en las principales alternativas para mejorar la disponibilidad y calidad del forraje en las explotaciones ganaderas. Aunque se dispone de ensilaje, la henificación y el henolaje como métodos de conservación, se prefiere el ensilaje por su facilidad de realización durante cualquier época del año y menores requerimientos de maquinaria⁵¹.

4.3.1 Objetivos de la conservación de forrajes Para los mismos autores, los objetivos para la conservación de forrajes son:

1. Disminuir los efectos negativos del pastoreo y sobrepastoreo en la degradación de los recursos naturales, suelo y agua, contribuyendo de esta

⁵⁰ Ibid., p. 10

⁵¹ SANCHEZ, DE LA TORRE Y GARCIA. Ensilaje como alternativa sostenible para producción bovina en las áreas rurales del D.C. Santafé de Bogotá: CORPOICA, 1999. p. 5

manera a la sostenibilidad de los ecosistemas frágiles de páramo, subpáramo y bosques altoandinos.

2. Proporcionar forraje de buena calidad durante todo el año, especialmente durante la ausencia de lluvias.

3. Aprovechar los excedentes de forraje durante los periodos de lluvias.

4. Incrementar la carga animal de la explotación.

5. Mejorar el balance de la dieta y los niveles de producción en bovinos de leche y doble propósito⁵².

4.3.2 Fuentes y restricciones. Para Chaverra y Bernal, la fuente más importante y predominante de forraje conservado para la producción animal la constituyen los pastos. A medida que estos maduran se reduce la digestibilidad de la materia seca y declina el contenido de proteína, es decir, a medida que se incrementa el contenido de materia seca disminuye el contenido de nutrientes digeribles totales (NDT).

Los mismos autores continúan afirmando que, en cultivos muy maduros la digestibilidad de la materia orgánica disminuye a medida que las hojas mueren y continúa decreciendo la digestibilidad de los

⁵² Ibid., p. 7

tallos. El ganadero, por lo tanto, enfrenta el dilema de cosechar el cultivo en un estado óptimo de producción de materia seca, o en un estado de menor producción, pero con una alta calidad en términos de digestibilidad y contenido de proteína. La decisión de sacrificar la calidad o la cantidad de forraje depende de factores como el método de conservación, la disponibilidad de tierra para fines de conservación de forraje y el sistema de producción de cada finca en particular⁵³.

4.4 METODOS DE CONSERVACIÓN

Para Chaverra y Bernal:

el ensilaje tiende a dominar en fincas ganaderas que requieren la cosecha de grandes extensiones de terreno y en almacenamiento de volúmenes considerables de forraje. Su utilización en fincas pequeñas puede ser económica cuando se comparte la maquinaria entre varias fincas o se contrate la elaboración del ensilaje, o en unidades de explotación que no necesitan grandes cantidades de forraje conservado y que dependen de la mano de obra y de máquinas sencillas para cortar y picar los pastos⁵⁴.

4.5 ENSILAJE

Para Sánchez, De la Torre y García, el ensilaje es:

un método de conservación de pastos y forrajes, basado en una fermentación anaeróbica (sin aire) de la masa forrajera. Se puede ensilar cualquier gramínea, leguminosa, o subproductos agrícolas, pero se prefieren los cultivos verdes con altos rendimientos forrajeros

⁵³ CHAVERRA, Hernán y BERNAL, Javier. El ensilaje en la alimentación del ganado. Colombia: Tercer mundo editores. 2000, p. 12

⁵⁴ Ibid., p. 13

por unidad de superficie, alta proporción de hojas, alto contenido de azúcares o carbohidratos solubles y facilidad de cosecha mediante métodos manuales o mecánicos⁵⁵.

4.5.1 Objetivo del ensilaje. Chaverra y Bernal afirman que:

el objetivo final que se busca con el proceso de ensilaje es el de preservar, en lo posible, todos o la mayoría de los nutrimentos originales de los forrajes, especialmente los componentes energéticos y proteínicos, mediante la aplicación de un método de conservación, basado en un proceso de fermentación, en el cual el material ensilado experimenta una serie de cambios bioquímicos que los mantiene estable por largos periodos⁵⁶.

4.5.2 Restricciones y ventajas. De acuerdo con Chaverra y Bernal en el pasado se tuvieron reservas sobre el uso del ensilaje debido principalmente a los siguientes factores:

- Es voluminoso para almacenar y manejar y debe consumirse rápidamente después de retirado del silo.
- Grandes pérdidas de materia seca que ocurren bajo algunas condiciones.
- Malos olores asociados con los ensilajes de mala calidad.
- Costos elevados de la mecanización del proceso y necesidad del momento preciso para el corte por el estado de desarrollo del cultivo.

⁵⁵ SÁNCHEZ, DE LA TORRE y GARCÍA, Op. cit., p. 8

⁵⁶ CHAVERRA Y BERNAL, Op. cit., p. 15

- Dificultades de manejo diario y de almacenamiento de cantidades grandes de un alimento voluminoso.
- Problema de los efluentes.

La práctica del ensilaje tiene las siguientes ventajas:

- Como un componente de los sistemas de producción bovina, favorece el uso eficiente del suelo, de los productos, subproductos y desechos de otros cultivos; por lo tanto, beneficia el reciclaje de nutrientes y reduce la compra de insumos y los costos de producción.
- En tiempos de verano, escasez de forraje o exceso de lluvias, es en muchos casos el mejor complemento de la alimentación diaria de los animales, disminuye las necesidades de suplementación con concentrados, la presión en el uso del suelo en zonas marginales y los costos de mantenimiento y producción de la ganadería.
- Constituye un método práctico y económico para conservar los pastos, preservar al máximo su valor nutritivo y buena parte de la vitamina A.
- Permite una mejor utilización de la maquinaria y la mano de obra permanente de la finca y de la tierra arable disponible.
- Cuando se usa la maquinaria apropiada se reducen las pérdidas por cosecha y manipuleo del material.
- Asegura durante todo el año el suministro de un alimento succulento y de calidad uniforme.

- Los productos enmalezados pueden dar un buen ensilaje⁵⁷.

4.5.3 Fases en el proceso de ensilaje.

- **Fase aeróbica.** Para Sánchez y Báez:

una vez hecho el corte, se suspende la fotosíntesis; sin embargo, las células vegetales continúan la respiración hasta cuando se agota el oxígeno o se agotan las reservas de azúcares. Durante la respiración, los azúcares son oxidados hasta agua, dióxido de carbono y calor, por la acción de células vegetales y de microorganismos aeróbicos, originando pérdida de materia seca y disminución de la calidad de forraje. Por esta razón, esta fase debe ser muy corta para asegurar la máxima calidad del producto⁵⁸.

Muslera y Ratera afirman que:

las condiciones anaeróbicas son esenciales para el posterior desarrollo de las bacterias lácticas; la respiración desprende calor, y la masa de hierba o forraje se calentará en medida proporcional al mayor o menor volumen de aire presente posteriormente a la compactación. Si la masa de forraje se apisona fuertemente y de modo rápido, con una expulsión también rápida del aire, la temperatura interior apenas alcanzará 20° C. Este procedimiento se ve siempre favorecido por la finura en el troceado del forraje. Por el contrario, se alcanzan temperaturas de 40 – 60° C, cuando la compactación es más lenta y menos fuerte⁵⁹.

⁵⁷ Ibid., p. 15.

⁵⁸ SÁNCHEZ, Leonardo y BAEZ, Fernando. Conservación de forrajes en sistemas de producción bovina del trópico de altura. En: Memorias del seminario “Alternativas tecnológicas para la producción competitiva de leche en el trópico alto”. Bogotá - Colombia: CORPOICA, 2002. p. 19

⁵⁹ MUSLERA, Enrique y RATERA, Clemente. Praderas y forrajes, producción y aprovechamiento. Madrid - España: Mundi prensa, 1991. p. 520

➤ **Fase anaeróbica.** Sánchez y Báez mencionan que, “se inicia al agotarse el oxígeno atrapado en la masa forrajera, con el crecimiento inicial de coliformes, los cuales producen ácido acético, alcohol y gas carbónico”⁶⁰.

Para Sánchez “la fermentación anaeróbica del forraje es realizada por bacterias específicas (bacterias ácido lácticas), que transforman los azúcares de la masa forrajera en ácido láctico”⁶¹.

Según Muslera y Ratera “el desarrollo óptimo de estas bacterias ocurre a 35° C, aunque pueden producirse entre 5 y 60° C, necesitando un ambiente rico en azúcares solubles, exento de oxígeno y pH entre 3 y 4.

Alcanzando este nivel de acidez, se interrumpe y estabiliza el proceso, completándose así la fase de fermentación”⁶². (Figuras 1 y 2).

⁶⁰ SÁNCHEZ y BAEZ, Op. cit., p. 19

⁶¹ SÁNCHEZ, Leonardo. Alternativas de utilización de ensilajes en explotaciones lecheras de trópico alto. En: Carta Fedegan. Colombia. No. 64 (Sep. – Oct. 2000); p. 46

⁶² MUSLERA Y RATERA, Op. cit., p. 521

Figura 1. Proceso normal de la temperatura durante el ensilado.

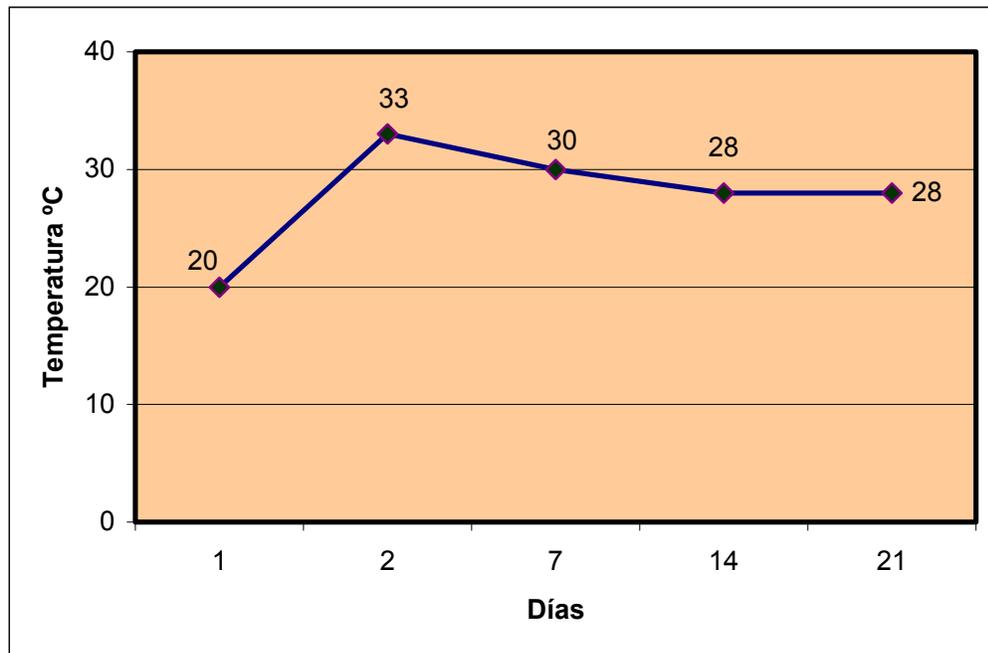
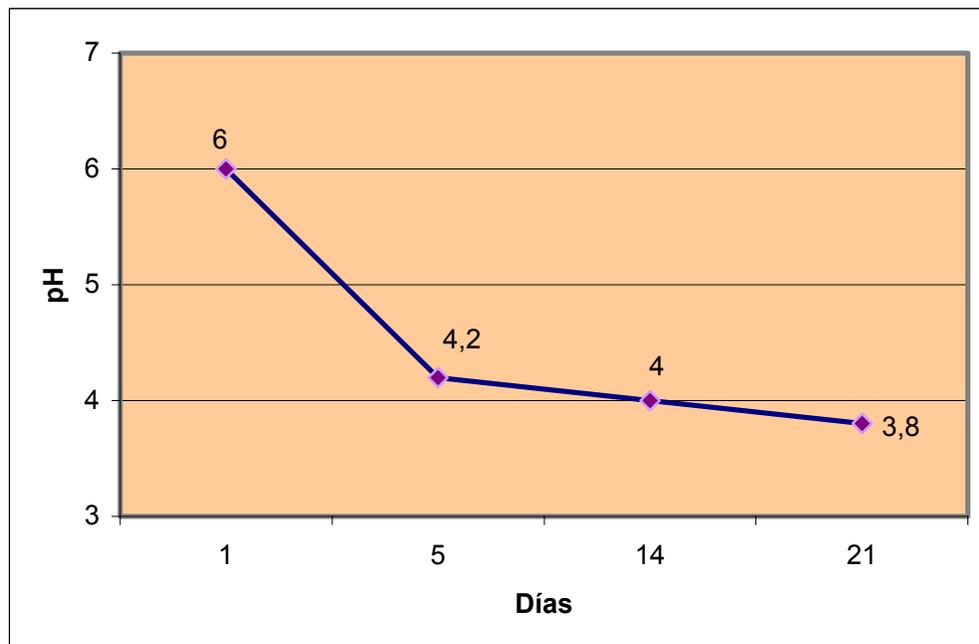


Figura 2. Proceso normal del pH durante el ensilado.



Para Sánchez y Báez, “la fase anaeróbica continúa hasta cuando el pH de la masa forrajera sea lo suficientemente bajo para inhibir el crecimiento potencial de microorganismos, factor necesario para la estabilización del proceso el cual se completa entre 10 y 21 días”⁶³.

Elferink *et al* mencionan que:

la fase de deterioro aeróbico comienza con la apertura del silo y la exposición del ensilaje al aire. Esto es inevitable cuando se requiere extraer y distribuir el ensilaje, pero puede ocurrir antes de iniciar la explotación por daño de la cobertura del silo (ej. roedores o pájaros). El período de deterioro puede dividirse en dos etapas. La primera se debe al inicio de la degradación de los ácidos orgánicos que conservan el ensilaje, por acción de levaduras y ocasionalmente por bacterias que producen ácido acético. Esto induce un aumento en el valor del pH, lo que permite el inicio de la segunda etapa de deterioro; en ella se constata un aumento de la temperatura y la actividad de microorganismos que deterioran el ensilaje, como algunos bacilos. La última etapa también incluye la actividad de otros microorganismos aeróbicos también facultativos como mohos y enterobacterias. El deterioro aeróbico ocurre en casi todos los ensilajes al ser abiertos y expuestos al aire. Sin embargo, la tasa de deterioro depende de la concentración y de la actividad de los organismos que causan este deterioro en el ensilaje. Las pérdidas por deterioro que oscilan entre 1,5 y 4,5% de materia seca diarias pueden ser observadas en áreas afectadas. Estas pérdidas son similares a las que pueden ocurrir en silos herméticamente cerrados y durante períodos de almacenaje de varios meses⁶⁴.

4.5.4 Actividad bioquímica en el proceso de ensilado Mila afirma que:

⁶³ SÁNCHEZ y BAEZ, Op. cit., p. 19

⁶⁴ELFERINK *et al*. Fermentación del ensilaje. Proceso y manipulación. 1999, p. 1
<<http://fao.org/WAICENT/FAOINFO/AGRICULT/AGP/SILAGE/PDF>>

es fundamental controlar la respiración de las células de los tejidos vegetales, tratando de que cese lo más pronto posible para mantener un gran remanente de azúcares y almidones que asegure una fermentación ideal. En el proceso de ensilado si el apisonamiento y el llenado son lentos, en este caso las pérdidas de calidad son significativas, si la expulsión de aire y llenado son rápidos la calidad es adecuada.

Posterior a la muerte de células viene una fermentación acética y luego el comienzo de la fermentación láctica que puede desarrollarse hasta por 21 días al finalizar la fermentación microbiana se estabiliza el pH y la temperatura, con mantenimiento de algunos niveles de ácidos acético y láctico⁶⁵.

➤ **Producción de Ácido Acético.** Una vez mueren las células vegetales se multiplican 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. Temperaturas de 18 a 25 °C y pH superior a 4.2 activan el desarrollo de bacterias acéticas⁶⁶.

➤ **Formación de Ácido Láctico.** Mila menciona que:

si el silo se ha procesado correctamente se favorecerá la proliferación de lactobacilos que formarán ácido láctico a partir de los azúcares solubles (glucosa). Los lactobacilos se multiplican rápidamente a 35 °C y en ausencia de oxígeno con pH inferior a 4.0, condición adversa para bacterias y microorganismos indeseables. Si se mantienen estos patrones de pH, temperatura y anaerobiosis la conservación del forraje será más duradera y de buena calidad, si el silo fue tapado herméticamente y protegido contra la intemperie⁶⁷.

⁶⁵ MILA, Alberto. Suelos, pastos y forrajes. Bogotá: UNAD, 2001. p. 166

⁶⁶ Ibid., p. 167

⁶⁷ Ibid., p. 168

➤ **Formación de Ácido Butírico.** De acuerdo con Mila:

bajo condiciones de proceso deficiente del ensilado (alta humedad, picado muy grueso, forrajes bajos en energía) se desarrollan bacterias formadoras de ácido butírico (*clostridium*) que promueven la fermentación butírica originando mal olor y sabor al producto ensilado, además proliferan *Bacillus sp* que elevan el pH hasta 5.0 originando la pudrición del ensilado por activación también de otros microorganismos contaminantes. En definitiva la deficiencia de carbohidratos fácilmente fermentables es el factor que facilita el rápido desarrollo de bacterias butíricas.

➤ **Formación de Alcohol.** Las levaduras también pueden intervenir en el ensilado desdoblado azúcares para producir alcohol, el cual se mezcla con ácidos orgánicos formando ésteres de olor agradable que benefician la calidad del ensilado⁶⁸.

4.5.5 Actividades de enzimas vegetales y microorganismos. Para Mc Donald *et al*, las actividades de enzimas vegetales y microorganismos son:

1. Enzimas vegetales. Inmediatamente después de la siega y durante las primeras fases del ensilado, tienen lugar cambios químicos debidos a la actividad de las enzimas existentes en los tejidos vegetales. Los procesos de respiración y proteólisis tienen especial importancia en cuanto al valor nutritivo del producto final.

⁶⁸ *Ibid.*, p. 169

➤ **Respiración.** Los mismos autores mencionan que:

los carbohidratos constituyen la principal fuente respiratoria, siendo generalmente el sustrato de la oxidación una hexosa que sufre la glicólisis y posterior oxidación por la vía del ciclo de los ácidos tricarboxílicos, con la formación de dióxido de carbono y agua. En las plantas segadas, las reacciones de biosíntesis están limitadas y casi toda la energía de la hexosa se convierte en calor. En las plantas aisladas, la energía calórica se disipa a la atmósfera, pero en el silo, el calor queda retenido en la masa de hierba produciendo un aumento de la temperatura. Esta pérdida de carbohidratos solubles por la respiración, es un proceso ruinoso que puede determinar tal depleción del sustrato que puede verse afectada negativamente la subsiguiente fermentación. La respiración de las plantas continua en el silo mientras exista oxígeno y sustrato disponible⁶⁹.

➤ **Proteólisis.** Mc Donald *et al* continúan afirmando que:

en la hierba, el 75 al 90% del nitrógeno total se encuentra en forma de proteína. Después de la siega, tiene lugar una rápida proteólisis, lo que puede reducir el contenido proteico hasta el 50%, tras unos días de marchitamiento en el campo. La magnitud de la degradación proteica varía con la especie vegetal, contenido de materia seca y temperatura. Una vez ensilado el material, la proteólisis continua, aunque la actividad se reduce a medida que desciende el pH. Los productos de la proteólisis son aminoácidos y péptidos de distinta longitud de cadena.

La degradación de aminoácidos prosigue como resultado de la actividad enzimática, si bien, se considera que la magnitud es pequeña.

2. Microorganismos. Para Mc Donald *et al*, “en la hierba recién segada los microorganismos más abundantes son las bacterias y hongos aerobios, pero a

⁶⁹ Mc DONALD *et al*. Nutrición animal. 5 ed. Zaragoza – España: Acribia, 1999. p. 426

medida que progresan las medidas anaerobias en el silo, se sustituyen por las bacterias que pueden desarrollarse sin necesidad de oxígeno. Entre ellas, hay que considerar las bacterias ácido lácticas, clostridios y enterobacterias”⁷⁰.

➤ **Bacterias ácido lácticas.** Los mismos autores continúan mencionando que:

son anaerobias facultativas y suelen encontrarse en los cultivos en crecimiento en pequeña cantidad, multiplicándose después de la recolección, especialmente si el cultivo se pica o desgarrar. Pueden clasificarse en dos grupos: bacterias homofermentativas (*Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus pentosaceus* y *Enterococcus faecalis*) y heterofermentativas (*Lactobacillus brevis* y *Leuconostoc mesenteroides*). Una vez ensilado el forraje, las bacterias ácido lácticas siguen multiplicándose, fermentando los carbohidratos hidrosolubles con producción de ácidos orgánicos, principalmente láctico, que rebajan el pH. Las bacterias ácido lácticas homofermentativas son más eficientes como productoras de ácido láctico a partir de las hexosas.

➤ **Clostridios.** Para Mc Donald *et al*:

se encuentran en los cultivos en forma de esporos y solo se multiplican en condiciones anaerobias estrictas. Pueden dividirse en dos grandes grupos, clostridios sacarolíticos y proteolíticos. Las bacterias sacarolíticas (*Clostridium butyricum* y *C. Tyrobutyricum*) fermentan el ácido láctico y los carbohidratos hidrosolubles residuales hasta ácido butírico, dando lugar a una elevación del pH. Los clostridios proteolíticos (*C. Bifermentans* y *C.sporogenes*) fermentan principalmente aminoácidos hasta una serie de productos que incluyen los ácidos acético y butírico, aminos y amoniacos⁷¹.

⁷⁰ Ibid., p. 427

⁷¹ Ibid., p. 427

➤ **Enterobacterias.** Mc Donald *et al* afirman que:

las enterobacterias asociadas al ensilado, en ocasiones denominadas “bacterias ácido acéticas” ó “bacterias coliformes”, suelen encontrarse en pequeña cantidad en los cultivos forrajeros. Al contrario que los clostridios son anaerobias facultativas y, por tanto, compiten con las bacterias ácido lácticas por los carbohidratos hidrosolubles que fermentan hasta una mezcla de productos como ácido acético, etanol e hidrógeno. Al igual que los clostridios, pueden decarboxilar y desaminar aminoácidos, lo que determina la producción de grandes cantidades de amoniaco.

➤ **Hongos.** Los mismos autores manifiestan que:

los hongos, que se encuentran en el suelo y la vegetación, se multiplican como células únicas, las levaduras, o como colonias filamentosas multicelulares, los mohos. Realizan funciones importantes en la deterioración de los ensilados al quedar expuestos al aire. La mayoría de los mohos son aerobios estrictos y son activos en las capas superficiales de los ensilados. Debe evitarse su multiplicación porque producen *micotoxinas* que pueden resultar extremadamente perjudiciales para los animales. Entre las especies relacionadas con la deterioración de los ensilados se encuentran *Aspergillus*, *Fusarium* y *Penicillium*⁷².

➤ **Levaduras.** Para Chaverra y Bernal:

estos organismos son ovalados o elípticos y generalmente se reproducen por gemación. Los géneros de levaduras se clasifican de acuerdo con su habilidad para esporular o formar *seudomicelios*. Los géneros que se encuentran más frecuentemente en el ensilaje son *Torulopsis* y *Micoderma*. Se ha informado que las levaduras contribuyen a preservar los ensilajes con alto contenido de humedad.

⁷² *Ibid.*, p. 428

Para Elferink *et al*, “las especies se identifican por su acción fermentativa u oxidativa cuando actúan sobre diferentes azúcares. Bajo condiciones anaerobias las levaduras del ensilaje fermentan azúcares a etanol y CO₂”⁷³.

➤ **Otras especies.** Chaverra y Bernal mencionan que:

existen bacterias productoras de ácido propiónico, que pertenecen al género *Propionibacterium*, son *sacrolíticas* y producen dióxido de carbono, ácido propiónico, ácido acético o una mezcla de ácidos orgánicos que pueden incluir ácido butírico y ácido fórmico. Es posible aislar frecuentemente de los ensilajes, especies de los géneros *Veilonella* y *Listeria*, en especial miembros del género *Listeria* que se aíslan de ensilajes de baja calidad⁷⁴.

4.5.6 Valor nutritivo de los ensilados. Para Mc Donald *et al*, los ensilados pueden clasificarse en dos grandes grupos, de fermentación natural y tratados con aditivos.

➤ **Ensilados de fermentación natural.** Donde se encuentran los ensilados no premarchitos bien conservados. En este tipo de ensilados, normalmente hechos con gramíneas y cultivos de cereales completos, dominan en las fermentaciones las bacterias ácido lácticas. Se caracterizan dichos ensilados por tener bajos valores de pH, generalmente entre pH 3.7 y 4.2 y contener grandes cantidades de ácido láctico. En los ensilados de gramíneas, el contenido en ácido láctico suele situarse entre 80 y 120 g/Kg MS, aunque pueden hallarse cantidades superiores si los ensilados se hacen con cultivos húmedos, ricos en carbohidratos hidrosolubles.

⁷³ ELFERINK, Op. cit., p. 5

⁷⁴ CHAVERRA y BERNAL, Op. cit., p. 45

Normalmente, los ensilados contienen pequeñas cantidades de ácido acético y, además, trazas de los ácidos propiónico y butírico. Tras la fermentación, quedan muy pocos carbohidratos solubles, generalmente menos de 20 g/Kg MS.

Los compuestos nitrogenados de estos ensilados se encuentran, principalmente, en forma de nitrógeno no proteico soluble, a diferencia de los que existen en los cultivos forrajeros recién segados, en que la mayor parte del nitrógeno total se encuentra como proteína⁷⁵.

➤ **Ensilados tratados con aditivos.** Los aditivos para los ensilados pueden clasificarse en dos grandes grupos: estimulantes de las fermentaciones, como los productos ricos en azúcares, inóculos y enzimas, que estimulan la multiplicación de las bacterias ácido lácticas, e inhibidores de las fermentaciones, como los ácidos y el formaldehído, que inhiben parcial o totalmente la multiplicación microbiana⁷⁶.

La melaza, subproducto de la industria azucarera fue uno de los primeros aditivos empleados en los ensilados, como fuente de azúcares. Dicho producto presenta un contenido en carbohidratos hidrosolubles del orden de 700 g/kg MS, habiéndose comprobado que su empleo hace aumentar los contenidos en materia seca y ácido láctico, así como rebajar el pH y los niveles de amoníaco en los ensilados que incluyen dicho producto⁷⁷.

4.5.7 Calidad de forraje ensilado. Muslera y Ratera afirman, que la calidad de un forraje para ensilado está relacionada con el contenido de carbohidratos

⁷⁵ Mc DONALD *et al*, Op. cit., p. 430

⁷⁶ Ibid., p. 434

⁷⁷ Ibid., p. 435

solubles, lo que a su vez depende del estado de maduración de la planta y de la especie vegetal. Por esta razón las gramíneas son más fáciles de ensilar que las leguminosas.

Si el forraje tiene suficientes azúcares, la fermentación láctica se produce con normalidad y la conservación es buena. Sin embargo, hay que tener en cuenta que el contenido de agua está muy relacionado con el estado de madurez de la planta, así como los carbohidratos solubles. El contenido de materia seca y de carbohidratos es bajo en estados de crecimiento activo. Al avanzar la madurez, aumenta el porcentaje de materia seca, y el de azúcares disminuye a partir de una fase determinada, que en las gramíneas corresponde al momento de la elongación del tallo⁷⁸

4.5.8 Evaluación de la calidad del ensilado. Bobilev, Picareu y Potokin afirman que, “para la evaluación de la calidad del ensilado se emplean los siguientes índices: valor pH, relación de los ácidos láctico, acético y butírico, contenido de caroteno y olor”⁷⁹.

Para Mannetje, “la calidad del producto ensilado depende de las características del material y de los productos de la fermentación presentes: los tipos de ácidos y la cantidad de amoníaco”⁸⁰.

⁷⁸ MUSLERA, Op. cit., p. 523

⁷⁹ BOBILEV, I., PICAREU, N. y POTOKIN, V. Ganadería. Moscú: s.n., 1979. p. 136

⁸⁰ MANNETJE, L. Introducción a la conferencia sobre el proceso de ensilaje en los trópicos. Holanda. p.1 <<http://fao.org/WAICENT/FAOINFO/AGRICULT/AGP/SILAGE/PDF>>

Para Muslera y Ratera, las características fermentativas del ensilado, son variables y dependen de:

- La composición de la planta, especialmente el contenido en agua, en glúcidos fermentescibles y sobre todo su poder tampón.
- Las formas de preparación del silo: picado más o menos fino del forraje, rapidez del llenado del silo, intensidad del apisonado, hermetismo del silo, etc.
- Tipo de ensilado: ensilado directo, con o sin adición de un conservador eficaz, o ensilado prehenificado.

La combinación de las características citadas influye sobre la temperatura a que se van a producir las fermentaciones del proceso de conservación⁸¹.

Para Mannelje, “la fabricación del ensilaje es útil solamente si el producto ensilado está de buena calidad, es decir haber preservado bien y tener alta concentración en digestibilidad y proteína”⁸².

Sánchez y Báez, describen las características determinantes de la calidad del ensilaje en la tabla 1.

⁸¹ MUSLERA y RATERA, Op. cit., p. 535

⁸² MANNETJE, Op. cit., p. 3

Tabla 1. Características determinantes de la calidad de un ensilaje húmedo*.

	Buena calidad	Mala calidad
Químicas		
PH	< 4.2	> 5.2
Acido láctico (%MS)	> 6.0	< 5.2
Acido acético (%MS)	< 2.0	> 3.5
Acido butírico (%MS)	< 0.5	> 0.8
Físicas		
Color	Amarillo verdoso	Negro
Olor	Agradable	Pútrido
Apariencia	Ausencia de hongos	Presencia de hongos
Húmedad (%)	68 a 72	> 78 < 65

*FUENTE: Sánchez y Báez 2002. Conservación de forrajes en sistemas de producción bovina del trópico de altura.

Para Apráez, “la toma de muestra de un silo es difícil y en muchos casos imposible, pues su composición puede variar mucho con la profundidad del silo: principalmente hay una variación entre las capas superiores, laterales y las situadas centralmente o en las capas inferiores”⁸³.

4.5.9 Compuestos a objetos de cambios químicos.

Chaverra y Bernal manifiestan que en el forraje existen tres grupos de compuestos vulnerables a cambios químicos durante el proceso de ensilaje:

⁸³ APRAEZ, Edmundo. Manual de laboratorio de nutrición animal. Pasto: Universidad de Nariño. 1986, p. 44

➤ **Carbohidratos.** Los microorganismos requieren una solución acuosa para su supervivencia y multiplicación; por lo tanto, los carbohidratos solubles son una fuente importante de energía para los que producen las fermentaciones del ensilaje.

Los principales carbohidratos solubles presentes en los forrajes son glucosa y fructosa (10 – 30 g/Kg. de MS) y sucrosa (20 – 80 g/Kg. de MS).

En el forraje recién cortado y como resultado de la actividad enzimática, los carbohidratos estructurales son rápidamente hidrolizados a sus componentes más simples. Estos compuestos, especialmente la glucosa y la fructosa, son las principales fuentes de energía para las bacterias. Las reacciones que se presentan dependen de cuales bacterias, homofermentativas o heterofermentativas, predominan en el silo después de haber sido establecidas las condiciones anaeróbicas.

➤ **Ácidos orgánicos.** Para Chaverra y Bernal, estos compuestos tienen gran influencia en las reacciones que se presentan en el ensilaje. Afectan negativamente la eficiencia del proceso debido a la capacidad buffer que tiene.

Los ácidos orgánicos y sus sales son los compuestos con mayor capacidad buffer en las plantas y constituyen de 73 al 88% de la capacidad buffer total de ellas, mientras otros compuestos solo representan entre el 10 y el 20% de ésta⁸⁴.

➤ **Sustancias nitrogenadas.** Los mismos autores manifiestan que del total de sustancias nitrogenadas del ensilaje, entre el 75 y 90% tiene forma de proteína. Las sustancias restantes están representadas por aminoácidos, aminas, clorofila y péptidos.

Los compuestos nitrogenados se estabilizan cuando el contenido de materia seca alcanza entre 400 y 450 g/kg de forraje.

La cantidad de proteína desdoblada depende de la rapidez con que se establezcan las condiciones de acidez en la masa del silo; de tal manera que, cuanto más rápido se acidifique el ensilaje, mejor se conserva la proteína⁸⁵.

4.5.10 Pérdidas durante el proceso. Sánchez y Báez manifiestan que, “las pérdidas de forraje pueden ocurrir en el campo o en el silo. Las de campo son poco importantes cuando se utiliza la maquinaria adecuada para la cosecha y

⁸⁴ CHAVERRA Y BERNAL, Op. cit., p. 56

⁸⁵ Ibid., p. 58

varían entre 5 y 10% de forraje verde. El presecado o la deshidratación parcial elevan las pérdidas en campo”⁸⁶.

Los mismos autores continúan mencionando que:

las pérdidas en el silo se originan por respiración, fermentaciones indeseables, efluentes, putrefacción y durante el proceso de alimentación. Las pérdidas por respiración pueden alcanzar valores de 10 a 15%, pero son mínimas cuando se obtiene una longitud de partícula adecuada, el rápido llenado del silo, la compactación adecuada y el tapado hermético. Las pérdidas debidas a los efluentes dependen de la humedad del forraje: en silos horizontales, estas son escasas cuando la materia seca sobrepasa valores del 30%; mientras que en silos verticales es necesario sobrepasar valores del 35%. En general, las pérdidas por efluentes pueden variar entre 1 y 12%, y son mayores en silos aéreos que en los horizontales⁸⁷.

4.6 TIPO DE SILOS

Para Sánchez y Báez, “el silo es un depósito o construcción donde se almacena forraje picado, con el fin de producir fermentación anaeróbica de la masa forrajera necesaria para conservarla. Debe ubicarse a una distancia media o proporcional entre el cultivo y el lugar de alimentación, para economizar mano de obra y tiempo en el llenado y en la alimentación de los animales”⁸⁸.

⁸⁶ SANCHEZ y BAEZ, Op. cit., p. 21

⁸⁷ Ibid., p. 22

⁸⁸ Ibid., p. 19

Los mismos autores manifiestan que se dispone de tres tipos de silos: verticales o aéreos, horizontales y de bolsa. Los silos verticales tienen altos costos de construcción, llenado y vaciado; las pérdidas superficiales de forraje en estos son muy reducidas por su mejor compactación, mientras que la pérdida por líquidos son mayores.

Así mismo, los silos horizontales tienen bajos costos de construcción y su llenado y vaciado se hace de manera más fácil y económica que en los silos aéreos, y en ellos son menores las pérdidas por líquidos y mayores las pérdidas superficiales que en los aéreos.

Dentro de esta categoría se encuentran los subterráneos (trinchera), que se construyen bajo el nivel del suelo y en los cuales pueden ocurrir pérdidas adicionales por filtración de humedad: en los bunker construidos sobre el nivel del suelo, cuyas paredes y piso pueden ser de concreto o de cualquier material de la región, para disminuir costos de construcción, y en los de montón sin paredes se observan las mayores pérdidas superficiales de forraje⁸⁹.

“Los silos horizontales deben construirse en sitios de piso firme, incluyendo en sus costos la adquisición de un plástico calibre 7, o superior, para proteger la masa

⁸⁹ Ibid., p. 20

forrajera del contacto con el suelo, el aire y el agua, e impedir la entrada de animales”⁹⁰.

Para Aragón, “en los silos de bolsa las pérdidas son reducidas y facilitan las labores de alimentación. Se utilizan bolsas plásticas de 90 cm de largo por 60 cm de ancho, que sirven para almacenar aproximadamente 50 kg de forraje, utilizando plástico calibre N° 6 ó 8”⁹¹.

4.6.1 Microsilos. Robledo y Martín, afirman que:

este sistema de ensilado no puede competir con el realizado en silos torre, silos horizontales de autoconsumo o de descarga mecánica, y por supuesto con los silos “*a vacío*”, pero es una forma interesante de conservar los forrajes excedentes, los cuales, a veces, se pierden por falta de capacidad de los silos construidos. Por este sistema la distribución de forraje entre el ganado se realiza de forma sencilla⁹².

➤ **Técnica de ensilado.** Para los mismos autores, la técnica seguida para ensilar forrajes en sacos o microsilos es prácticamente igual a la que puede seguirse en cualquier otro tipo de silos. Una vez segado el forraje se pica convenientemente, si este no tiene un alto contenido de humedad, y se introduce

⁹⁰ Ibid., p. 21

⁹¹ ARAGON, Rafael. Conservación de forrajes para alimentación de bovinos, Colombia – Tibaitatá. 2002, p. 5 <<http://corpoica-regionaluno.org/tibaitata>>

⁹²ROBLEDO de PEDRO, Félix y MARTÍN VICENTE, Luis. Aplicación de los plásticos en la agricultura. Madrid – España: Mundiprensa, 1981. p. 414

en los sacos procurando apisonarlo enérgicamente para eliminar la mayor cantidad posible de aire.

Cuando el saco está casi lleno se cierra este apretándolo lo más posible el muñón de atadura con alambre o cuerda, para que comprima fuertemente el forraje y se expulse el aire de su interior. Si se emplea alambre, el cierre hermético del saco se consigue por el sistema de “torniquete”. Para que el cierre sea total, deberá doblarse el muñón del saco que se hizo en la primera atadura y volverlo a atar con el mismo hilo o alambre nuevamente a la boca del saco⁹³.

➤ **Características del saco.** Así mismo Robledo y Martín afirman que:

los sacos de polietileno de tonalidad negra que se utilizan en este sistema de ensilado son de gran capacidad puesto que deben contener de 50 a 100 kg de forraje. Según los ensayos realizados las medidas más convenientes son: ancho, 50 a 70 cm; largo, 1.50 a 1.60 m. El espesor aconsejable es el calibre 8 y no deben utilizarse espesores menores al indicado, puesto que el polietileno presenta cierta permeabilidad al anhídrido carbónico (CO₂) que, como se sabe, se produce durante la fermentación del forraje y que debe ser conservado en la mayor cantidad posible⁹⁴.

➤ **Clases de forrajes que pueden ensilarse en sacos.**

1. Gramíneas y cereales. Cuando se ensilan gramíneas y cereales tiernos, como por ejemplo: trigo, cebada, centeno, avena, maíz forrajero, raygras, etc., no es

⁹³ Ibid., p. 415

⁹⁴ Ibid., p. 416

necesario añadir a la masa de forraje ningún conservador. El forraje debe ser picado convenientemente, y si no contiene mucha humedad debe envasarse enseguida en los sacos. Como el forraje tierno no tiene tallos punzantes, los sacos utilizados pueden ser empleados durante 3 a 4 años.

2. Leguminosas. La alfalfa, tréboles y en general las leguminosas se ensilan con dificultad. Para facilitar su conservación en microsilos, es conveniente añadir algún conservador en forma pulverizada, como, por ejemplo, el yeso de albañil que se incorpora en capas en un 2%⁹⁵.

4.7 EXPERIENCIAS INVESTIGATIVAS SOBRE ENSILAJES EN EL DEPARTAMENTO DE NARIÑO

Báez⁹⁶, presenta trabajos desarrollados simultáneamente en los 5 municipios con mayor número de explotaciones ganaderas correspondientes a: Pasto, Cumbal, Guachucal, Túquerres e Ipiales. Estos trabajos se realizaron en asocio con las UMATAS, los pequeños y medianos productores y CORPOICA; algunas de las especies en estudio fueron: avena, cebada, triticale y raygras.

⁹⁵ Ibid., p. 417

⁹⁶ BAEZ, Fernando. Investigación adaptativa y transferencia de tecnología en el uso de horno forrajero como alternativa para producir ensilaje sin maquinaria para la alimentación de bovinos durante la época de sequía en el altiplano de nariño. Pasto – Nariño, 2000. p.10

Parte de la investigación incluye la evaluación nutricional de las especies mencionadas, esta se presenta en las tablas 2 y 3.

Tabla 2. Rangos en la composición química (% de la M.S) de gramíneas forrajeras.

Especie	Materia seca	Proteína	FDN	FDA
Avena L-15 + raygras + vicia	22.90	---	---	---
Avena cayuse + raygras + vicia	18.21	---	---	---
Avena L-15	---	4.47 – 9.20	55.70 – 73.21	31.16 – 41.35
Avena cayuse	---	3.09 – 10.18	54.68 – 72.40	29.68 – 41.50
Cebada forrajera	---	5.90 – 9.0	64.57 – 72.16	26.42 – 36.97

Tabla 3. Rangos en la composición química de los ensilajes (% de la M.S) de gramíneas forrajeras.

Especie	Proteína	FDN	FDA
Avena L-15	4.47 – 9.20	55.70 – 73.21	31.16 – 41.35
Avena cayuse	3.09 – 10.18	54.58 – 72.40	29.68 – 41.50
Cebada forrajera	5.90 – 9.0	64.57 – 72.16	26.42 – 36.97

Bolaños⁹⁷, presenta un proyecto de validación y transferencia de tecnología en producción y utilización de la avena L-15 en el altiplano de Nariño, en donde se

⁹⁷ BOLAÑOS, Antonio. Ajuste, validación y transferencia de tecnología en producción y utilización de 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. Pasto – Nariño, 2000 p.26

cita la composición bromatológica de ensilajes de avena L-15, cayuse y triticale, presentados en la tabla 4.

Tabla 4. Composición bromatológica de ensilajes de avena L-15, avena cayuse y triticale.

Ensilaje	Materia seca	Proteína	Extrato etéreo	FDN	FDA	Ceniza	pH
Avena L-15	27.07	11.56	2.0	46.34	25.34	8.96	4.05
Av. cayuse	32.02	8.15	2.56	42.69	24.72	7.17	4.1
Triticale	25.75	10.08	1.51	43.14	23.53	8.51	4.5

4.8 DIGESTIBILIDAD DE LOS ALIMENTOS

Según Church y Pond citados por Portilla y Col., “para la mayoría de los autores la digestibilidad es la desaparición del alimento en el aparato digestivo. Sin embargo, una definición más amplia incluye la absorción al mismo tiempo que la digestión”.

Afirman además que la información sobre la digestibilidad se utiliza en forma muy extensa en la nutrición de los animales, para evaluarlos o estudiar la utilización de los nutrimentos. La digestibilidad es muy variable, entre otras palabras, el mismo alimento que se proporciona al mismo animal, no siempre se digiere en la misma cantidad. Varios factores pueden alterar el grado de digestión, dentro de los cuales se encuentra el nivel de consumo del alimento, los trastornos digestivos, la frecuencia de la alimentación, deficiencia de nutrimentos, el procesamiento del alimento y otros efectos que se relacionan con los nutrientes⁹⁸.

⁹⁸ PORTILLA, Wilson y Col. Evaluación nutricional y digestibilidad “*In Situ*” de algunas arbóreas y arbustivas con potencial forrajero para la suplementación de rumiantes en el altiplano de Nariño, Colombia.. Pasto – Colombia, 2000, p. 18

Para Orskov:

la digestibilidad, o más exactamente, la indigestibilidad de un alimento concreto, determina el porcentaje de residuo de dicho alimento que ocupa espacio en la panza, o, por decirlo de alguna forma, que ocupa un espacio sin que tenga utilidad alguna. Cuanto mayor sea el porcentaje de sustancia indigestible y el tiempo que tarda en fermentar la fracción digestible, tanto mayor es el espacio de panza necesario para contener una unidad de energía digestible y, consiguientemente, el animal se ve obligado a comer menos⁹⁹.

4.8.1 Métodos utilizados para la determinación de la digestibilidad. La tasa y cuantía de la digestión en el rumen puede ser estudiada en laboratorio:

➤ **Fermentación “IN VITRO”.** Aprévez, citado por Portilla y Col. reporta que “esta técnica consiste, en incubar microbios ruminales en un cultivo continuo o discontinuo con un alimento, fármaco o componente de comprobación”¹⁰⁰.

El mismo autor manifiesta que:

el procedimiento “*IN VITRO*” más usual es la incubación por lotes descrito por Tilley y Terry. El alimento a comprobar es fermentado primero con fluido ruminal tamponados durante 24 a 48 horas, en segundo lugar con una mezcla de pepsina-HCL para solubilizar la proteína. Se determina la desaparición total del alimento. Este procedimiento se usa comúnmente en los sistemas de valoración de forrajes para evaluar la digestibilidad¹⁰¹.

⁹⁹ ORSKOV, E. Alimentación de los rumiantes. Principios y prácticas. Zaragoza – España: Acribia, 1990. p. 41

¹⁰⁰ PORTILLA, Op. cit., p. 20

¹⁰¹ Ibid., p. 21

Para Mc Donald *et al*:

la digestibilidad de los alimentos de los rumiantes puede determinarse, con cierta exactitud, sometiéndolos, en primer lugar a la acción de líquido ruminal y, seguidamente, a la acción de la pepsina. Durante la primera fase de este método, denominado “*IN VITRO*” en dos fases, se incuba, en condiciones anaeróbicas durante 48 horas, una muestra del alimento, finamente molido, en un tubo que tiene líquido ruminal tamponado. En la segunda fase, se matan las bacterias acidificando el medio con ácido clorhídrico, hasta alcanzar un pH 2, y se digieren incubándolas con pepsina durante 48 horas. El residuo insoluble se filtra, deseca e incinera; restando la materia orgánica de la existente en el alimento, se obtiene estimación de la materia orgánica digestible. La digestibilidad determinada “*IN VITRO*” suele ser inferior a la determinada *IN VIVO*”, por lo que se hace necesario emplear ecuaciones de corrección para relacionar ambas determinaciones.

En la actualidad, esta técnica se utiliza para determinar los alimentos groseros de las explotaciones, para asesorar a los ganaderos, así como para determinar la digestibilidad de muestras de pequeño tamaño, como las obtenidas por los fitotécnicos.

El líquido ruminal empleado en la primera fase de este método de laboratorio, puede presentar distintas características fermentativas, de acuerdo con las raciones consumidas por los animales de los que se obtiene. Con el fin de mejorar la repetibilidad de las estimaciones de la digestibilidad, suele sustituirse el líquido ruminal por preparados de células fúngicas¹⁰².

➤ **Fermentación “*IN SITU*”.** Church, afirma que:

el material a estudiar se introduce en una bolsa de poliéster con pequeños poros. Esta bolsa se suspende en el rumen durante periodos determinados de tiempo. Microbios, líquidos y productos finales de la digestión entran y salen a través de los poros. El material que desaparece de la bolsa se considera que ha sido digerido. Los

¹⁰² Mc DONALD, Op. cit., p. 209

resultados se hallan sometidos a errores tanto por entrada como por salida, porque algunos componentes solubles y partículas pequeñas pueden abandonar la bolsa sin ser digeridos y microorganismos pueden entrar en la bolsa durante la fermentación. Sin embargo, la digestibilidad de los forrajes y las fuentes de proteína pueden ser determinadas rápidamente “*in situ*”.

La acción microbiana “*in situ*” se asemeja mucho a la fermentación ruminal y se evitan las amplias oscilaciones en los tipos microbianos que pueden presentarse en los sistemas de cultivo discontinuo¹⁰³.

Orskov citado por Portilla y Col., sugiere el empleo de bolsas de nylon como método rutinario para determinar la velocidad de degradación de las proteínas de los forrajes y los suplementos proteicos. En este método un número variable de bolsas se incuban en el rumen, durante diferentes periodos, de tal forma que pueda reconocerse el ritmo de la degradación.

El mismo autor continua manifestando que el tamaño de la malla de tela que se usa para las bolsas debe ser tal, que permita la entrada de los organismos ruminales y la salida de gases producidos, pero que impida al máximo la salida de partículas del ingrediente en estudio.

El tamaño recomendable de la malla de las bolsas de nylon deberá ser de 20 a 40 μm , lo que proporciona orificios de aproximadamente 400 a 1600 μm^2 .

¹⁰³ CHURCH, C.D. El rumiante, fisiología digestiva y nutrición. Zaragoza – España: Acribia, 1993. p. 187

El tamaño de las bolsas y la cantidad de muestra serán, aproximadamente de 140 por 90 mm y 3 a 5 g de materia seca respectivamente. Deberá procurarse el libre movimiento del material incubado, de tal forma que se evite la formación de pequeños micro ambientes dentro de la bolsa, lo que determina una baja repetibilidad de los resultados¹⁰⁴.

Así mismo, Orskov citado por Portilla y Col. describe la metodología para la preparación de las muestras para incubación así:

➤ **Molido de las muestras.** Cuando se trabaja con forrajes verdes, la muestra debe molerse en molino de martillo con parrilla de 5 mm.

➤ **Localización de las bolsas en el rumen.** Las bolsas deben quedar ancladas con cuerdas de nylon de 25 cm de largo en el ganado ovino y aproximadamente de 50 cm o más en el ganado vacuno, que se sujeta en la cánula. Esa longitud permite a las bolsas moverse libremente en el rumen, tanto entre la fase líquida como en la fase sólida.

➤ **Tiempo de incubación de las bolsas.** Portilla afirma que:

el momento más adecuado para sacar las bolsas del rumen, con el objeto de lograr mayor determinación del ritmo de desaparición, depende de la forma de la curva de degradación en función del tiempo. Por lo tanto, no es posible señalar los tiempos adecuados de incubación para todos los sustratos. Para la mayoría de los suplementos proteicos, las muestra obtenidas a las 2, 6, 12, 24 y 36

¹⁰⁴ PORTILLA, Op. cit., p. 21

horas proporcionan información adecuada para describir esta curva. En el caso de henos, pajas, y otros materiales fibrosos, generalmente se requieren tiempos de incubación más largos, en tanto que para los alimentos succulentos, los intervalos de incubación deben ser más cortos¹⁰⁵.

➤ **Variación entre animales.** Aprévez citado por Portilla y Col, recomienda que los animales fistulados reciban dietas uniformes cuando sean utilizados para determinar la tasa de degradación de los materiales alimenticios. La variación entre animales puede resolverse al repetirse las mediciones por lo menos en tres animales¹⁰⁶.

Orskov citado por Portilla y Col. describe el procedimiento de la técnica “*in situ*” así:

- Las bolsas se lavan y secan a 60°C.
- Se introduce en cada bolsa, 3 g de muestra seca, tamizada con una malla N° 20 y se pone a peso constante a 60°C por 8 horas.
- Los extremos de la bolsa se cierran con una liga.
- Posteriormente, las bolsas se amarran con nylon y se asegura a la cánula.
- Las bolsas se incuban durante 3, 6, 9, 12, 24, 48 ó 72 horas dependiendo del tipo de muestra; al final de cada periodo se remueve una bolsa del rumen del animal.

¹⁰⁵ Ibid., p. 22

¹⁰⁶ Ibid., p. 23

- Las bolsas se lavan al chorro de agua, hasta que el agua de enjuague salga completamente incolora, posteriormente se seca a 60°C durante toda la noche.
- La proporción de materia seca desaparecida, se calcula entre el porcentaje incubado de cada nutriente y el porcentaje de nutriente que quedó en las bolsas después de incubar¹⁰⁷.

$$\text{MS desaparecida} = \frac{\text{Peso muestra antes de incubar} - \text{Peso muestra después de incubar}}{\text{Peso muestra}} \times 100$$

¹⁰⁷ Ibid., p. 24

5. DISEÑO METODOLOGICO

5.1 LOCALIZACION.

El presente trabajo se desarrolló, en la finca Santa Martha, dedicada a la ganadería de leche, con animales Holstein mestizo; propiedad de la señorita Martha Delgado, ubicada en el corregimiento del Espino, municipio de Sapuyes a 80 km de la ciudad de San Juan de Pasto, departamento de Nariño, a una altura de 3100 m.s.n.m con una precipitación anual de 1162 mm, temperatura promedio de 11.4 °C y humedad relativa de 80%.*

La prueba de digestibilidad “*in situ*” se realizó en el Centro de Investigación Obonuco de CORPOICA del municipio de Pasto. El C.I está localizado en el corregimiento de Obonuco, en el municipio de Pasto, Departamento de Nariño a una altura de 2710 m.s.n.m con una precipitación anual de 840 mm y temperatura promedio de 12 °C.**

* ENTREVISTA con Jahn Christian Moreno. Administración de sistemas. IDEAM. San Juan de Pasto, 15 de octubre de 2002

** ENTREVISTA con María Eugenia Santander. Secretaria de dirección. ICA. San Juan de Pasto, 20 de octubre de 2002

5.2 MATERIALES

Se utilizó semilla certificada de pasto aubade (*Lolium sp*), de avena (*Avena sativa*) y de cebada (*Hordeum vulgare*), una balanza de precisión para el pesaje de semilla, abono químico y del forraje al momento de la cosecha, marcos en madera de 0.5 x 0.5 m, bolsas de polietileno calibre 8, rastrillo, guadaña de motor, hoz, picadora de pasto y materiales de laboratorio para la realización de análisis bromatológicos del forraje verde, digestibilidad “*in vitro*” e “*in situ*”. Para la determinación de análisis bromatológicos de los ensilajes se utilizarán equipos del C.I Tibaitata-Cundinamarca.

5.3 CARACTERISTICAS DEL SUELO

Previo al trabajo se tomo la muestra de suelo representativa del lote para realizar el respectivo análisis físico – químico, el cual presentó las siguientes características: textura Arcilloso – Arenoso, pH ácido, el porcentaje de materia orgánica es alto, el fósforo, calcio y magnesio están en cantidades bajas, la presencia de aluminio en alta cantidad determina en parte el grado de acidez, la relación carbono – nitrógeno es de 15.62, lo cual nos indica que los elementos nutritivos no son tomados fácilmente por la planta, es decir hay mayor fijación. (Tabla 5)

5.4 AREA EXPERIMENTAL

Se preparó un área de 6666 m² dividida en 16 parcelas iguales, donde se distribuyeron al azar los dos tratamientos.

Tabla 5. Análisis de suelos

Muestras	Unidad	1335 N° 1	
pH, Potenciómetro. Relación suelo : agua (1:1)		5.0	
Materia Orgánica Walkley-Black (Colorimétrico)	%	14.3	
Densidad Aparente ^{oo}	g/cc	0.7	
Fósforo (P) Bray II	ppm	5	
C.I.C	meq/100g	28.2	
Ca de cambio	meq/100g	1.9	
Mg de cambio	CH ₃ COOHN ₄	meq/100g	0.3
K de cambio	1 NpH7	meq/100g	0.35
Al de cambio KCl 1N	meq/100g	0.90	
F=Franco – Ar=Arcilloso – A=Arenoso Grado textural		Ar – A	
Nitrógeno total	%	0.53	
Carbono Orgánico	%	8.28	
Azufre disponible	Extracción con (Ca(H ₂ PO ₄) ₂ .H ₂ O)0.008 M	ppm	3.45

Universidad de Nariño. Laboratorio de suelos, Pasto – Colombia.

5.5 METODO

5.5.1 Labores de cultivo.

Para Silva, el establecimiento de pastos o praderas debe considerarse como un proceso dentro de la planificación general de la explotación y de acuerdo al tipo de orientación de la producción. De esta manera, incluye una serie de consideraciones: preparación del suelo, aplicación de correctivos y fertilizantes, siembra, clase de pastos, densidad y método de siembra, tapado de semilla y utilización de la pradera ya establecida¹⁰⁸.

- **Preparación del suelo.** El área disponible tuvo un cultivo transitorio de papa, por lo tanto la preparación fue mínima.

- **Siembra.** La densidad de semilla a utilizar fue de 100% para el aubade y 50% para los cereales, lo que equivale a 40 kg/ha de aubade (*Lolium sp*), de avena (*Avena sativa*) 40 kg/ha y de cebada (*Hordeum vulgare*) 40 kg/ha. La siembra se realizó al voleo, en dos distribuciones, a fin de garantizar la uniformidad del lote, la semilla se cubrió con rastrillo.

Esta proporción se realiza con el fin de mantener la pradera de raygras después de finalizado el trabajo.

¹⁰⁸ SILVA, Op. cit., p.64

➤ **Fertilización.** De acuerdo con el análisis de suelos y a la recomendación hecha por Ojeda, se aplicaron 20 bultos de cal dolomita (15 días presiembr). Al establecimiento del cultivo se utilizaron 6 bultos/ha de abono compuesto 10-30-10 y para la segunda fertilización se aplicó 3 bultos de SAM/ha al macollamiento (25 a 30 días)^{***}. A los 2 meses de establecimiento, se aplicó urea a razón de 3 bultos por hectárea.

➤ **Cosecha.** La cosecha se efectuó a los 120 días de su establecimiento, tiempo en el cual el forraje se encontró en estado lechoso, óptimo para ensilar. El corte se realizó con guadaña de motor con 4 HP. (Figura 3)

Figura 3. Cosecha del forraje a los 120 días



^{***} ENTREVISTA con Hernán Ojeda. Profesor Facultad de Ciencias Pecuarias, Universidad de Nariño. San Juan de Pasto, 5 de Noviembre de 2002

5.5.2 Parámetros vegetativos.

➤ **Porcentaje de germinación.** Se tomaron 400 semillas, evaluadas en 4 repeticiones de 100 unidades cada una. Las replicas se sembraron en un sustrato de arena; se distribuyeron las 100 semillas de cada ensayo en forma uniforme, controlando la temperatura, la luz y la humedad proporcionando un riego diario con el fin de mantener las semillas húmedas por lo menos hasta el momento de la germinación.

Para calcular el porcentaje de germinación, se utilizó la formula descrita por Trujillo donde:

$$\% \text{ de germinación} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de semillas germinadas}}{\text{N}^{\circ} \text{ de semillas sembradas}} \times 100$$

Esta fórmula se aplicó a cada repetición, promediando el resultado de las cuatro replicas con lo cual se obtuvo el porcentaje de germinación de la muestra¹⁰⁹.

➤ **Composición botánica.** Se determinó a los 120 días de establecimiento, donde se utilizaron los métodos descritos por el INTA y la RLAC¹¹⁰.

¹⁰⁹ TRUJILLO, Enrique. Manejo de semillas, viveros y plantación inicial. México: s.n, 1999. p. 40

¹¹⁰ INTA y RLAC, Op. cit., p. 156

Para determinar la proporción de cada una de las especies vegetales que integraron las mezclas, se realizó un conteo de plantas utilizando un marco de 0.5 por 0.5 m, el cual se ubicó al azar en las parcelas correspondientes a cada tratamiento.

➤ **Cobertura.** Se determinó por medio de observaciones individuales para cada parcela, a los 120 días de establecimiento.

➤ **Producción de forraje verde.** A los 120 días de establecimiento, se evaluó la producción de forraje, mediante la obtención de una ecuación de regresión lineal.

A continuación se presenta una descripción general del método:

En primer lugar se realizó un reconocimiento de la pradera, con el fin de identificar los sitios representativos de mayor y los de menor cantidad de forraje. Con base en la cantidad de forraje disponible, se ubicaron los puntos 1 y 5 para los sitios de mínima y máxima disponibilidad, en cada parcela fueron ubicados los marcos de 0.5 x 0.5m, luego se cortó y se pesó el forraje.

Una vez establecidos estos puntos, se ubicaron el punto 3 y los intermedios 2 y 4. Esto con el fin de obtener los datos del peso de forraje verde de cada uno de los 5 puntos de la escala.

Una vez cortado y pesado el forraje, se tomaron submuestras (500 g) en cada punto, las cuales se enviaron al laboratorio para determinar el rendimiento en peso seco. A partir del muestreo anterior, se seleccionaron 2 muestras (una por tratamiento) para realizar el análisis bromatológico del forraje verde.

5.5.3 Actividades del proceso de ensilaje.

- **Tipo de silo.** Se utilizó la técnica de microsilos en bolsas de polietileno negra, calibre 8, de 90 cm de largo, 50 cm de ancho y con capacidad de 20 kg.

- **Picado del forraje.** La longitud de la partícula que debe obtenerse al picar los materiales para el ensilaje debe variar entre 0.6 y 2.5 cm, con el fin de conseguir una compactación que elimine el aire de la masa forrajera¹¹¹. Además, el tamaño de las partículas del material cosechado es un factor que influye en el ensilado ya que un picado más fino facilitará la disponibilidad de carbohidratos fermentables celulares del forraje para el medio fermentativo microbiano¹¹². Para tal fin se utilizó una picadora manual. (Figura 4)

¹¹¹ SÁNCHEZ y BAEZ, Op. cit., p. 21

¹¹² ROMERO, Luis y ARONNA, Soledad. Reservas forrajeras. Ensilaje. Argentina: INTA-Rafaela. Oct 29 de 2003, p. 2 <www.agromail.net>

Figura 4. Picado del forraje



➤ **Preparación del aditivo.** Cuando se trabaja con gramíneas de pastoreo o de corte, hay que utilizar una fuente de azúcares para garantizar el crecimiento de las bacterias lácticas, siendo la melaza el producto de más fácil adquisición.

En cultivos de avena, las cantidades de melaza a adicionar son mínimas, ya que esta planta presenta niveles adecuados de azúcares para el proceso de ensilaje, sin embargo la mezcla de estas gramíneas con leguminosas requiere la adición de azúcares con niveles bajos, para favorecer la fermentación láctica. Las gramíneas de pastoreo (raygrases) presentan altos niveles de nitrógeno y/o bajos contenidos de azúcares, siendo necesario la adición de niveles medios o altos de melaza (4% del forraje verde)¹¹³.

Para el presente trabajo, según lo expresado por Araujo *et al*, “se utilizó un 4% de melaza como aditivo del forraje verde”¹¹⁴. La melaza fue diluida en agua para facilitar su mezcla con el forraje, se empleó una parte de melaza por media parte de agua (proporción 1:0.5)

➤ **Llenado del silo.** Se realizó sobreponiendo capas delgadas de forraje picado, a cada capa se le adicionó el aditivo, se compactó cada capa ejerciendo presión con un pisón de cemento. (Figura 5)

¹¹³ Ibid., p. 3

¹¹⁴ ARAUJO. Evaluación cualitativa de silaje de pasto elefante enano (*Pennisetum purpureum* cv. Mott) a diferentes edades de corte y adicionando urea y melaza. p. 2

Figura 5. Llenado del silo



- **Vaciado del silo.** La apertura del silo se realizó al cumplirse los 30 días después del sellado. Una vez abierto, se realizó el muestreo para el envío del material al laboratorio.

- **Toma de muestras.** Se tomaron 4 muestras por tratamiento. Se enviaron en bolsas herméticamente selladas con 500 g de ensilaje, estas fueron transportadas en una cava con líquido refrigerante al laboratorio del C.I Tibaitatá – Cundinamarca. (Regional uno CORPOICA) con el fin de determinar la calidad nutricional del ensilaje.

- **Digestibilidad “IN VITRO” del ensilaje.** Se tomaron 2 muestras para determinar la DIVMS en el laboratorio de bromatología de la Universidad de

Nariño, para lo cual fue utilizado el contenido ruminal del animal dispuesto para la digestibilidad “*In Situ*”.

➤ **Digestibilidad “*IN SITU*” del ensilaje.** Se determinó para materia seca, proteína cruda, FDA, FDN y hemicelulosa. Se utilizó una vaca fistulada, en donde se incubaron los 2 tratamientos en 2 bolsas para cada periodo de tiempo, se amarraron a cuerdas sintéticas de diferentes colores para identificar el tipo de ensilaje, la longitud fue de 50 cm. y esta se aseguró a la tapa de la cánula.

Se utilizaron bolsas con un tamaño de 14 por 9 cm, con las esquinas de fondo redondeado para prevenir que residuos queden atrapados, se lavaron, numeraron y se secaron a una temperatura de 60°C por 5 días.

Se llevaron las bolsas a peso constante, se pesaron 3 gramos de muestra de cada ensilaje, y se depositaron en las bolsas de nylon. Posteriormente se pesaron y fueron llevadas a la estufa a una temperatura de 60°C hasta alcanzar peso constante. Esta fase tuvo una duración de 3 días. Se asignó una bolsa por tratamiento a cada tiempo de incubación el cual fue de 0, 12, 24, 48, 72 y 96 horas. Fueron introducidas las bolsas en el rumen del animal fistulado y se fijaron a la tapa de la cánula. La remoción de las bolsas se realizó a medida que se cumplía con los tiempos programados; las bolsas se sometieron a impacto de agua fría para detener el proceso de degradación, se lavaron con agua limpia,

hasta que salía transparente. Las muestras se enviaron al laboratorio de nutrición animal de la Universidad de Nariño para su respectivo análisis bromatológico.

5.6 VARIABLES A MEDIR

- Producción de forraje.
- Calidad del forraje.
- Calidad del ensilaje.
- Digestibilidad “*IN VITRO*” del ensilaje
- Digestibilidad “*IN SITU*” del ensilaje.

5.7 DISEÑO ESTADISTICO

Los resultados se analizaron mediante el programa STATGRAPHICS plus y según la homogeneidad o no de las varianzas, se realizó la prueba T para comparar los tratamientos, cada uno con 4 observaciones.

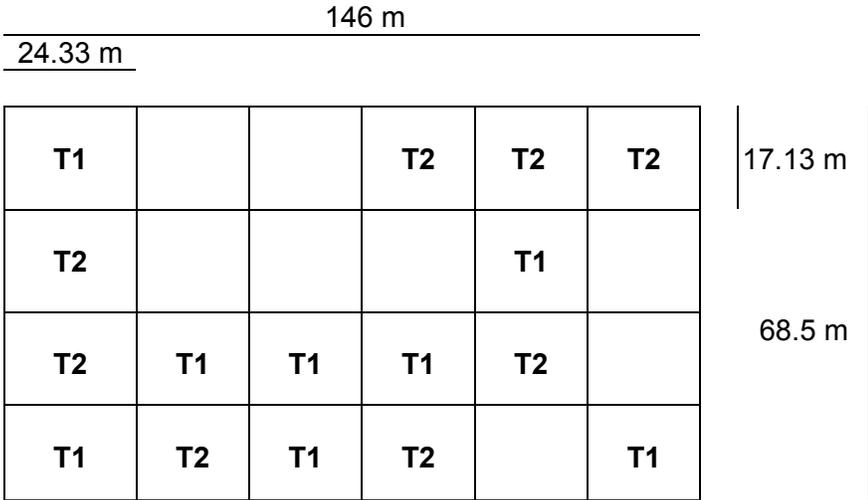
5.7.1 Tratamientos. Los tratamientos a evaluar son los siguientes:

T1: Ensilaje de raygras aubade – avena forrajera

T2: Ensilaje de raygras aubade – cebada forrajera

Estos tratamientos se distribuyeron mediante el uso de tabla de números aleatorios del modo que se indica en la figura 6. La unidad experimental fue una parcela de 416.77 m² y el área experimental de 6666 m².

Figura 6. Mapa de campo de la distribución del diseño

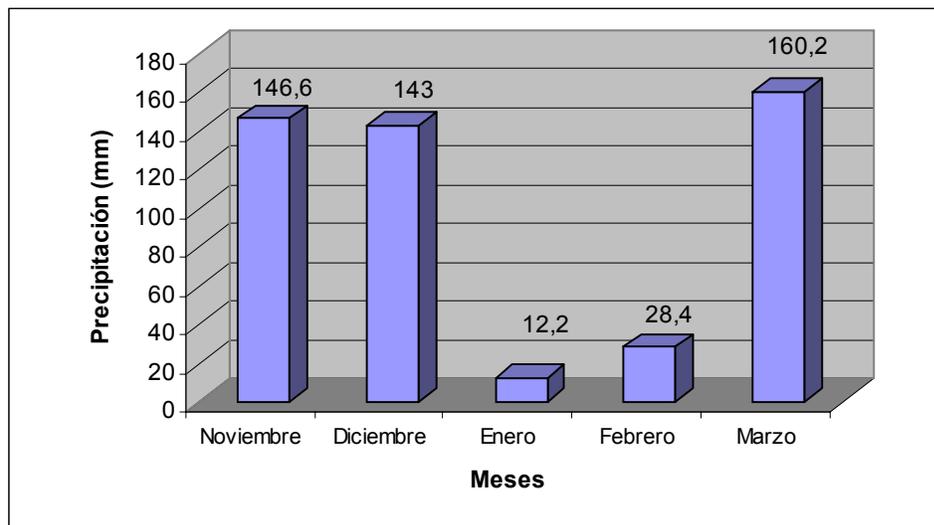


6. PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS

6.1 COMPORTAMIENTO CLIMATICO

La distribución de lluvias en el Corregimiento de Sapuyes, lugar de realización del presente trabajo, demostró variabilidad en la duración y severidad del periodo crítico para los meses de establecimiento de la pradera (noviembre de 2002 a marzo de 2003)¹¹⁵, por lo cual fue necesario la inclusión de un sistema de riego con el fin de atenuar los efectos negativos de los déficit hídricos que inciden en parte del comportamiento productivo de los forrajes.(figura 7)

Figura 7. Valores mensuales de precipitación pluvial para Sapuyes (Nariño)



¹¹⁵ INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEREOLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM). Valores totales mensuales de precipitación. Regional 7 Nariño – Cauca. Abril de 2003

6.2 PORCENTAJE DE GERMINACION

Para González, la germinación es un proceso por el cual el embrión, que había permanecido encerrado en la semilla, da origen a la raíz y a las primeras hojas de una nueva planta que, por tanto, puede alimentarse por sí misma y además, para que la germinación se realice, es necesario que disponga de agua, oxígeno y calor¹¹⁶.

El porcentaje de germinación de la semilla del raygras aubade fue del 92.5%, avena 87.7% y cebada 86.2%.

Los valores encontrados en el presente estudio son altos, en especial para el raygras aubade; lo cual se debe a que se utilizó semilla certificada, ya que este control de calidad permite ofrecer semillas con alto poder germinativo repercutiendo directamente en la obtención de un buen material forrajero.

Los porcentajes que presentaron los cereales forrajeros se atribuyen a su procedencia (C.I Obonuco CORPOICA), ya que son semillas mejoradas en cuanto características de viabilidad y productividad, asegurando un mayor rendimiento por unidad de área. (Anexos A, B y C)

¹¹⁶ GONZALES, Verónica. Germinación de semillas e influencia de las distintas variables. 2001 p. 1 <<http://www.biocenosis.com/helena/germinaciónsemillas.htm>>

6.3 COMPOSICION BOTANICA

En el presente estudio fue incluida la composición botánica por ser un elemento importante en el manejo y productividad de las praderas.

El tratamiento 1 presentó 24.3% para avena y 75.6% para aubade; el tratamiento 2 presentó 21.15% para cebada y 78.75% para aubade.

Los resultados evidencian una composición vegetal favorable al raygras en comparación a los cereales forrajeros, lo cual está encaminado a la posterior utilización de la pradera en pastoreo, aprovechándola bien sea por fajas, rotación o cerca eléctrica según el manejo de finca.

Estos valores obtenidos, son la consecuencia de la cantidad de semilla utilizada (densidad de siembra) y su distribución en el terreno.

En las figuras 8 y 9 se ilustra la composición botánica de las mezclas utilizadas en el presente estudio

Figura 8. Composición botánica de la mezcla raygras aubade - avena

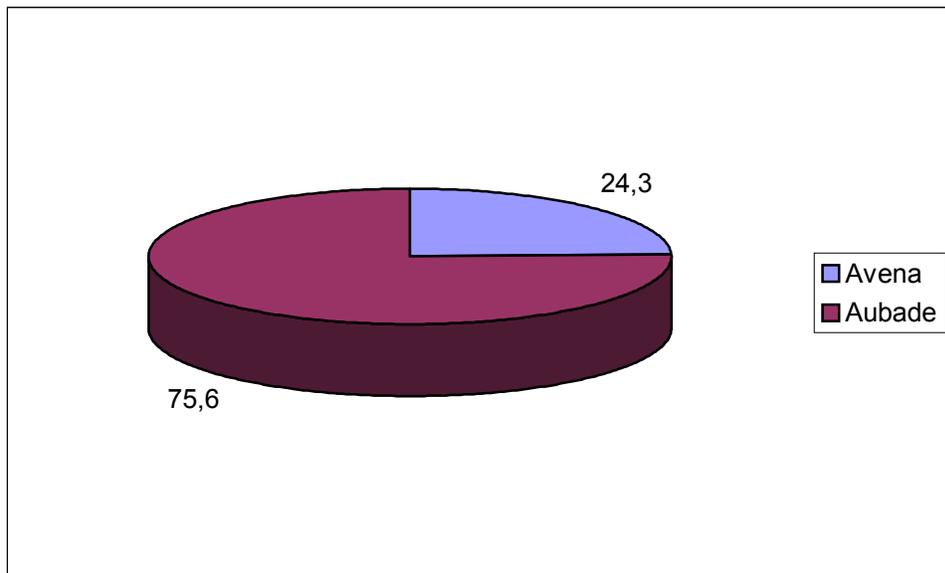
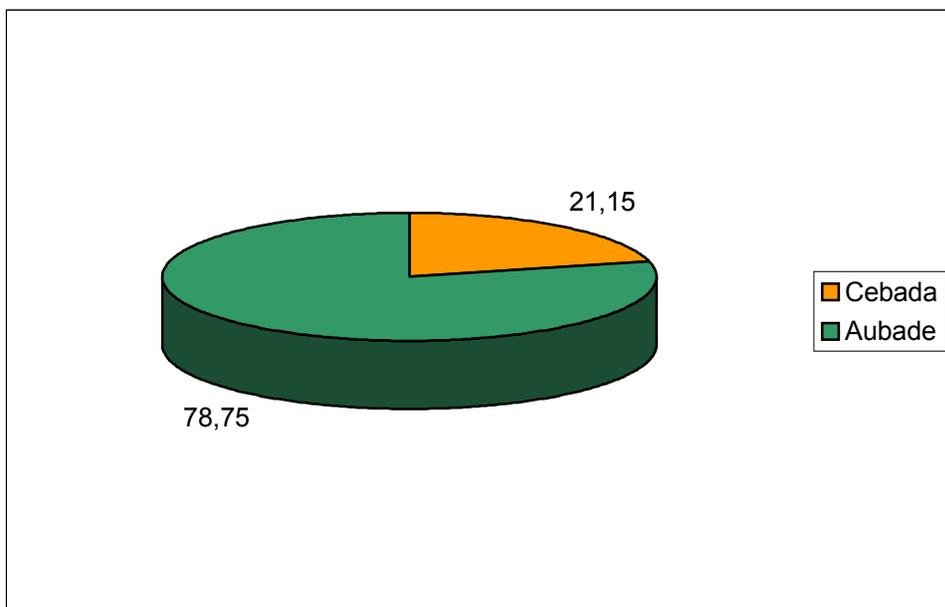


Figura 9. Composición botánica de la mezcla raygras aubade - cebada



6.4 COBERTURA

La porción área de las plantas sobre la superficie del suelo fue del 85% para la mezcla aubade - avena y de 80% para la mezcla aubade - cebada. Lo cual indica que este parámetro vegetativo se encuentra estratificado dentro de la escala numérica como óptimo con una cobertura entre el 75 y 100%¹¹⁷.

Este parámetro se obtuvo debido a factores tales como: la calidad de semillas, las cuales se adaptaron a las condiciones climáticas lo que incluye la temperatura, distribución e intensidad de agua bien sea por lluvia o por riego, humedad del ambiente y fuerza y dirección de los vientos.

Además, se considera el suelo, labores de cultivo y fertilización, ya que cada planta tiene determinadas exigencias a los nutrientes; conllevando a la obtención de una pradera uniforme y productiva.

6.5 PRODUCCION DE FORRAJE

En el Tabla 6, se presenta la producción de forraje verde y seco de las mezclas en estudio.

Tabla 6. Producción de forraje verde y seco de las mezclas raygras aubade - avena y raygras aubade - cebada.

Tratamiento	Forraje verde (Ton/ha)	Forraje seco (Ton/ha)
Aubade - Avena	52.40	9.08
Aubade - Cebada	42.48	11.23

¹¹⁷ INTA Y RLAC. Op. cit., p. 155

En general se observa producciones óptimas respecto a otros ensayos realizados por Báez en la zona andina sur de Nariño, donde la producción de forraje verde (Ton/ha) de las mezclas de avena cayuse + aubade + vicia fue de 47.81, avena L – 15 + aubade + vicia de 40.33 y triticale + aubade + vicia de 38.69 para época de ensilaje.

Al igual sucede con los forrajes de avena L – 15 y cebada forrajera, los cuales alcanzaron producciones de 46.87 y 30.41 Ton/ha respectivamente¹¹⁸.

Las mezclas anteriormente mencionadas, presentaron rendimientos de materia seca de 10, 10.51 y 11.98 Ton/ha, siendo superiores o similares a los presentados en este estudio.

Por otra parte los forrajes de avena y cebada, presentaron rendimientos de materia seca de 15.94 y 11.20 Ton/ha.

Al analizar la producción de forraje mediante el método de Haydock y Shaw (Anexo D) para la mezcla raygras aubade - avena, se encontró que existe una correlación alta (0.94), lo cual indica que el muestreo y los cálculos se han realizado con buena precisión.

¹¹⁸ BAEZ, Fernando. 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. Pasto – Nariño, 2002. p. 39

Las variaciones de materia seca están explicadas en un 88.82% por las variaciones evidenciadas en los marcos (coeficiente de determinación). Al igual sucede con la mezcla raygras aubade - cebada, donde la correlación es superior (0.99), dando mayor confiabilidad al muestreo. Esta mezcla presentó un 98.07% para el coeficiente de determinación. (Anexos E y F)

Además, las gráficas correspondientes al rendimiento de materia seca con relación a los marcos de referencia para las mezclas en estudio se ajustan al modelo lineal de regresión. (Figuras 10 y 11)

Figura 10. Curva de regresión para la mezcla raygras aubade - avena

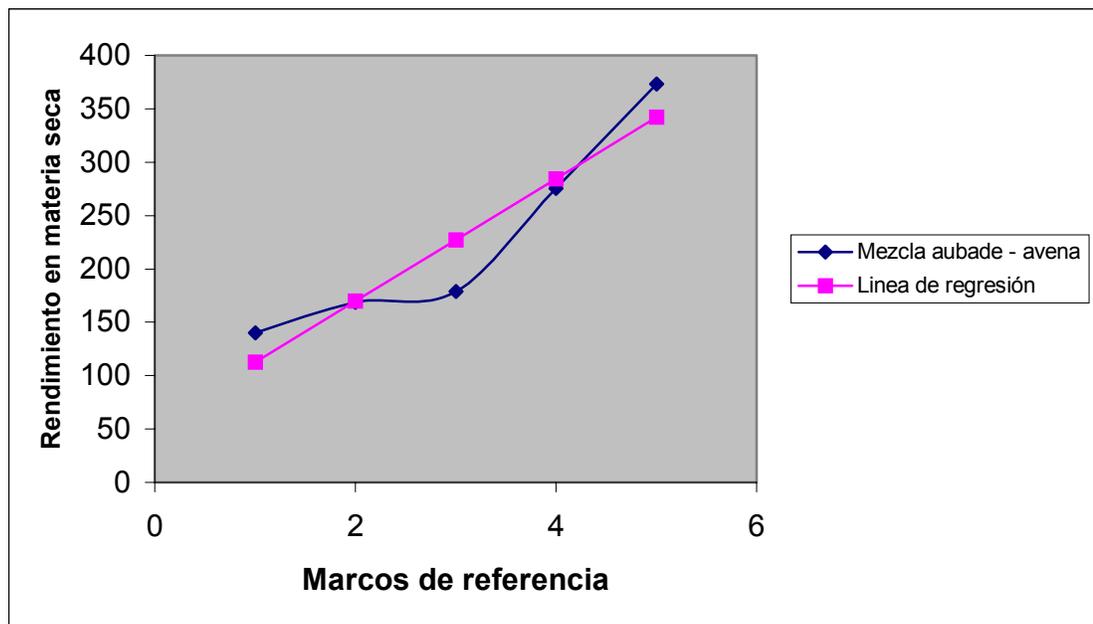
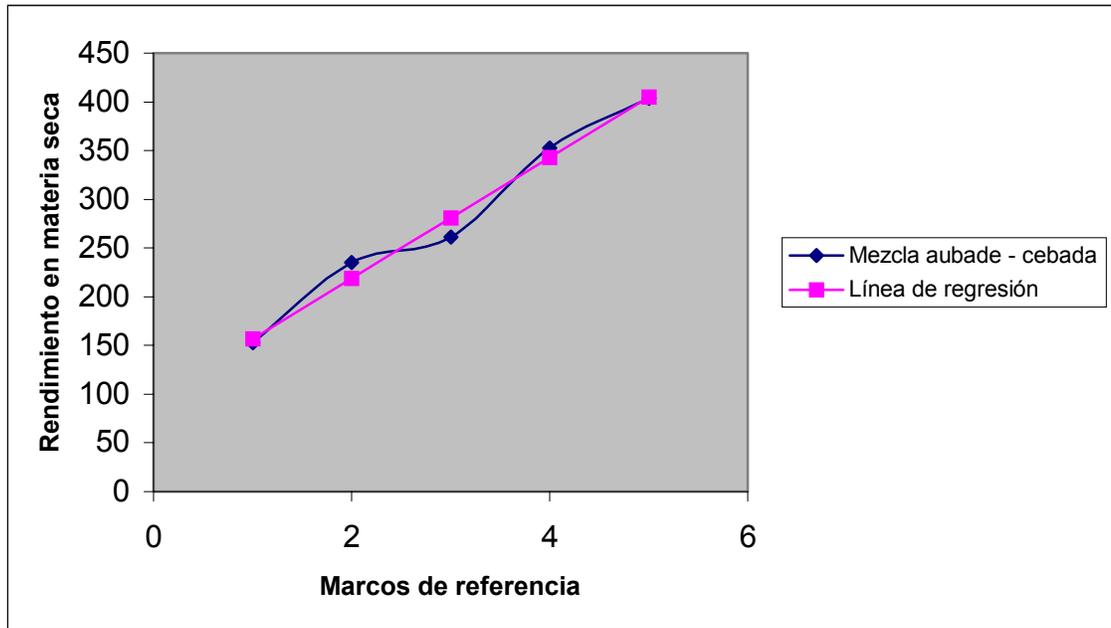


Figura 11. Curva de regresión para la mezcla raygras aubade - cebada



6.6 ANALISIS BROMATOLOGICO DEL FORRAJE VERDE

En la tabla 7 se presenta la composición bromatológica de la mezcla raygras aubade - avena y raygras aubade - cebada.

Tabla 7. Composición bromatológica de las mezclas en base seca.

ANALISIS	AUBADE - AVENA	AUBADE - CEBADA
Humedad	82.70	73.57
Materia seca	17.30	26.43
Ceniza	7.77	6.83
Extracto etéreo	1.87	1.72
Fibra cruda	40.69	26.49
Proteína	10.90	9.44
E.N.N	38.78	55.53
Energía (Kcal/100g)	418	386
F.D.N	73.14	62.38
F.D.A	48.67	31.74
Calcio	0.11	0.15
Fósforo	0.19	0.22

6.6.1 Materia seca. Chaverra y Bernal mencionan que la materia seca del material antes de ensilar parece tener poco efecto sobre el valor del forraje para el animal, pero influye directamente en la estabilidad del material ensilado durante el periodo de almacenamiento, puesto que el pH óptimo, en el cual el ensilaje permanece estable, se aumenta con los incrementos en el contenido de materia seca¹¹⁹.

La fracción materia seca para la mezcla aubade - avena (17.30%) está por debajo de los parámetros presentados por los forrajes de avena (*Avena sativa*) en estado masoso (28.0%) y en estado lechoso (19.32%), resultados obtenidos por Salamanca¹²⁰.

Por el contrario, la fracción materia seca para la mezcla aubade - cebada de 26.43% supera el porcentaje de la avena en estado lechoso mencionado anteriormente.

La variación de la materia seca entre las dos mezclas de debe probablemente a las características individuales de los cereales y de la proporción dada por la composición botánica, siendo determinante el contenido de humedad del raygras aubade.

¹¹⁹ CHAVERRA y BERNAL, Op. cit., p. 105

¹²⁰ SALAMANCA, Op. cit., p. 115

6.6.2 Porcentaje de proteína. Con relación a los contenidos de proteína, el mejor porcentaje obtuvo la mezcla raygras aubade - avena (10.90%) que la mezcla raygras aubade - cebada (9.44%), los cuales concuerdan con lo investigado por Sánchez en donde encontró concentraciones de proteína cruda entre 8.6 – 11.8 para mezcla de avena – vicia¹²¹.

Los valores de proteína para las mezclas en estudio se encuentran en un rango medio. Esto se explica por la disminución en el contenido proteico del raygras, ya que a los 120 días de establecimiento declina su potencial. Además, la presencia de los cereales forrajeros influye directamente en el porcentaje de proteína total.

6.6.3 Ceniza. Para Mc Donald *et al*, las cenizas se consideran representativas de los componentes inorgánicos del alimento. Sin embargo, estas pueden incluir productos de origen orgánico como azufre y fósforo de las proteínas¹²².

Así, la mezcla raygras aubade - avena presentó una mayor concentración de cenizas con un 7.77% con relación a la mezcla raygras aubade - cebada que alcanzó una concentración menor con un 6.83%.

6.6.4 Extracto etéreo. La fracción correspondiente al extracto etéreo presenta porcentajes de 1.87% para la mezcla raygras aubade - avena y 1.72% para la mezcla raygras aubade - cebada, lo cual permite suponer que estas mezclas

¹²¹ SANCHEZ, Op. cit., p.44

¹²² Mc DONALD, Op. cit., p.4

contienen bajas cantidades de lípidos, ceras, ácidos orgánicos, vitaminas liposolubles, alcoholes y pigmentos.

6.6.5 Fibra en detergente neutro (FDN). Según Mc Donald *et al*, los métodos modernos de análisis de alimentos, persiguen diferenciar las fracciones correspondientes a la pared celular y al contenido celular¹²³.

Portilla y col, manifiesta que la FDN hace parte de la pared celular y está formada por los carbohidratos estructurales: celulosa, hemicelulosa y lignina. La lignina tiene especial importancia en nutrición animal por su gran resistencia a la degradación química y dependiendo de su cuantía y del tipo de uniones que forme con la celulosa y la hemicelulosa determinará el grado de aprovechamiento del forraje¹²⁴

El porcentaje de FDN para la mezcla raygras aubade - avena es de 73.14% y para raygras aubade - cebada es de 62.38%; estos valores son calificados como altos, esto se debe probablemente a la composición de las células vegetales dentro de las diferentes partes de la planta (hojas y tallos) y entre especies.

6.6.6 Fibra en detergente ácido (FDA). La fracción correspondiente a las paredes celulares pueden diferenciarse en hemicelulosa (que puede extraerse con una solución ácido detergente) y celulosa más lignina (FDA).

¹²³ Ibid., p. 15

¹²⁴ PORTILLA, Op. cit., p.36

El porcentaje de FDA de 48.67% (raygras aubade - avena) y 31.34% (raygras aubade - cebada) superaron a lo expresado por Bernal en el departamento de Cundinamarca para el forraje de avena con un porcentaje de 21.82% a los 120 días¹²⁵.

Los valores de FDA obtenidos para las mezclas son la consecuencia de la madurez del forraje al momento del corte, especialmente en los cereales, ya que estas especies contienen mayores niveles de fibra por sus características vegetativas.

6.6.7 Calcio y fósforo. El contenido de minerales de los pastos es muy variable y depende de una gran cantidad de factores tales como el suelo, el desarrollo y mineralogía del suelo, la humedad y la reacción del suelo, el género, especie y la variedad de la planta, el estado de desarrollo de la misma, la aplicación de fertilizantes y el manejo de la pradera.

Al comparar los resultados obtenidos en este estudio con los rangos y contenidos típicos de concentración de minerales para pastos se encontró que: para la mezcla raygras aubade - avena el porcentaje de calcio (0.11%) y el porcentaje de fósforo (0.19%) son bajos ya que estos valores son inferiores a 0.3% y 0.2% para cada mineral datos obtenidos por Bernal. La mezcla raygras aubade - cebada presenta un porcentaje de calcio (0.15%) bajo según lo mencionado anteriormente, así

¹²⁵ BERNAL, Op. cit., p. 502

mismo el porcentaje de fósforo (0.22%) presenta un valor medio ya que se encuentra en un rango de 0.2 – 0.3%¹²⁶. Estos niveles medios y bajos se deben probablemente a la alta relación carbono – nitrógeno presente en el suelo, lo que impide que los elementos nutritivos sean fácilmente tomados por la planta.

6.6.8 Energía. Las mezclas investigadas presentaron valor energético de 4.18 Mcal/Kg (raygras aubade - avena) y 3.16 Mcal/Kg (raygras aubade - cebada), el cual se encuentra cercano a otras fuentes energéticas citadas por Portilla y Col donde menciona que el maíz tiene 4.50 Mcal/Kg y triticales 4.27 Mcal/Kg¹²⁷.

Estos niveles de energía se logran por la presencia de los cereales forrajeros, ya que el grano en estado lechoso (momento del corte) presenta alta concentración de almidones.

6.6.9 Extracto no nitrogenado (ENN). Mc Donald *et al*, manifiesta que la fracción correspondiente a los ENN está formada por una mezcla de todos los componentes no determinados en otras fracciones. Además, incluye azúcares, fructanos, pectinas, ácidos orgánicos y pigmentos¹²⁸

¹²⁶ BERNAL, Op. cit., p. 100

¹²⁷ PORTILLA, Op. cit., p. 39

¹²⁸ Mc DONALD, Op. cit., p. 5

La mezcla de raygras aubade - cebada presentó mayor concentración de ENN, con un porcentaje de 55.53% mientras que la mezcla raygras aubade - avena obtuvo un porcentaje de 38.78%.

Por los valores encontrados se asume, que la concentración de azúcares tales como glucosa, fructosa y sucrosa son mayores en la mezcla raygras aubade – cebada, debido a las características propias del cereal.

6.7 EVALUACION DE LAS CARACTERISTICAS FISICAS Y BROMATOLOGICAS DE LOS ENSILAJES

6.7.1 Caracterización organoléptica. Chaverra y Bernal afirman que el patrón de fermentación del material ensilado imparte al producto final características especiales de color, olor y consistencia, las cuales sirven como indicadores para determinar la calidad del ensilaje¹²⁹.

Al observar el ensilaje de la mezcla raygras aubade - avena, este presentó color verde aceituna, olor agradable con ligera sensación a vinagre y textura bien definida conservando sus contornos continuos.

Así mismo, el ensilaje de la mezcla raygras aubade - cebada presentó color verde amarillento, olor a miel y textura bien definida.

¹²⁹ CHAVERRA y BERNAL, Op. cit., p. 99

Esto corrobora lo expresado por Chaverra y Bernal, quienes dan estos parámetros físicos como óptimos para un ensilaje de buena calidad¹³⁰. (figuras 12 y 13)

Figura 12. Ensilaje de la mezcla raygras aubade - avena



Figura 13. Ensilaje de la mezcla cebada – raygras aubade



¹³⁰ Ibid., p. 100

6.7.2 Composición bromatológica de los ensilajes.

En la tabla 8 se presenta la composición bromatológica de los ensilajes.

Tabla 8. Composición bromatológica de los ensilajes.

ANALISIS	ENSILAJE AUBADE - AVENA	ENSILAJE AUBADE - CEBADA
Materia seca	21.13	19.98
Proteína	12.51	11.67
Ceniza	8.32	9.34
Extracto etéreo	1.67	2.10
F.D.N	51.39	44.04
F.D.A	26.85	21.19
pH	4.70	4.19
DIVMS	57.86	75.65

➤ **Porcentaje de materia seca**

Al analizar el porcentaje de materia seca mediante la prueba “T” al 95% de confianza, se encontró que existen diferencias significativas entre tratamientos, a favor de T1. (Anexo G)

El tratamiento 1 presentó una media de 21.13 +/- 2.098 y el tratamiento 2 una media de 19.98 +/- 2.451. Chaverra y Bernal reportan ensilajes de avena con valores que fluctúan entre 23.7% y 28.0% y ensilaje de avena vicia del 20.4%, siendo este valor similar al encontrado en el presente estudio¹³¹.

¹³¹ Ibid., p. 103

El contenido de materia seca de los dos ensilajes es aceptable, lo cual puede estar relacionado con el contenido de humedad de la planta al momento de ensilar, con la velocidad de llenado del silo, el grado de compactación, el proceso de sellado y el enriquecimiento del sustrato con carbohidratos solubles procedentes de la melaza.

Además, para Chaverra y Bernal¹³² es recomendable cosechar gramíneas con porcentajes de materia seca que oscilan entre 20 y 55%, siendo el contenido óptimo entre 30 y 35% con el fin de reducir el riesgo de fermentaciones secundarias y su efecto en la calidad del ensilaje; teniendo en cuenta lo anterior, a pesar que los dos tratamientos no cuentan con una materia seca óptima, esto no fue impedimento para que los procesos de fermentación y acidificación del material sean los adecuados reflejándose principalmente en el pH.

➤ **Porcentaje de proteína**

Los valores y rangos medios para la proteína en los ensilajes son de 12.51 +/- 0.213 y 11.67 +/- 1.224 para la mezcla raygras aubade - avena y raygras aubade - cebada respectivamente.

Al analizar los dos tratamientos se encontró diferencias estadísticamente significativas, siendo T1 el de mejor comportamiento. (Anexo H)

¹³² Ibid., p. 105

Los valores para la proteína de los ensilajes están dentro de los rangos de valores típicos para ensilajes de gramíneas (10.0 – 17.9%) y cereales (7.5 – 11.3%) presentados por Chaverra y Bernal¹³³. Esta variabilidad observada entre los ensilajes es el resultado del manejo, estado de crecimiento al corte o cosecha antes de ensilar y la calidad del proceso de fermentación.

Al comparar ensilajes de avena (12.0%) y avena vicia (8.1%) reportados por Chaverra y Bernal, se encuentra una mayor similitud con los porcentajes presentados en este trabajo¹³⁴.

Al comparar el contenido de proteína de los materiales forrajeros originales con los productos ensilados se presenta un incremento de este nutriente en los ensilajes, más aun cuando el principio de los forrajes ensilados establece que el producto es de menor calidad que la materia prima. La proteína incrementó 1.61% en la mezcla raygras aubade - avena y 2.22% en la mezcla raygras aubade - cebada con respecto al forraje verde; lo cual se debe quizá al cambio de la relación aubade – avena y aubade – cebada al momento de ensilar respecto a las mezclas presentes en la pradera, con lo cual se asume que la cantidad de aubade es superior a la mezcla inicial lo que explicaría el aumento en la proteína, ya que el valor alimenticio y contenido protéico son características variables de acuerdo a la especie vegetal y al periodo de desarrollo considerado.

¹³³ Ibid., p. 107

¹³⁴ Ibid., p. 103

➤ **Porcentaje de ceniza**

Al analizar el contenido de ceniza para los dos tratamientos, se encontró diferencias estadísticamente significativas, siendo T2 el de mejor comportamiento. La media para el tratamiento 1 fue de 8.32 +/- 0.904 y 9.34 +/- 0.467 para el tratamiento 2. (Anexo I)

Esto valores indican que los valores de ceniza para T1 y T2 son adecuados y son la consecuencia de un eficiente corte y acarreo del forraje al momento de ensilar, corroborando lo expresado por Chaverra y Bernal quienes afirman que, si en los ensilajes el porcentaje de cenizas totales excede el 12% de la materia seca, es muy probable que el forraje conservado se haya contaminado con suelo, lo cual puede inducir ocasionalmente fermentaciones secundarias¹³⁵.

➤ **Porcentaje de extracto etéreo**

Para extracto etéreo se encontró diferencias estadísticamente significativas a favor de T2. Los tratamientos 1 y 2 presentaron una media de 1.67 +/- 0.205 y 2.10 +/- 4.92 respectivamente. (Anexo J)

Estos valores son bajos en comparación a los expresados por Chaverra y Bernal en ensilajes de avena que oscilan entre 3.4 y 4.3%¹³⁶.

¹³⁵ Ibid., p. 113

¹³⁶ Ibid., p. 114

Al comparar los porcentajes obtenidos de los ensilajes con el forraje verde, el ensilaje de raygras aubade - avena presentó una disminución, esto debido a una posible fermentación secundaria, mientras que el ensilaje de raygras aubade - cebada mostró un incremento, probablemente debido a una buena concentración de ácidos grasos fermentables, de acuerdo a lo expresado por Bruchmann¹³⁷.

➤ **Fibra en detergente neutro (FDN)**

Al analizar la fracción FDN para los 2 tratamientos se encontró diferencias estadísticamente significativas, siendo más representativo T1. (Anexo K)

Comparando la media del tratamiento 1 de 51.395 +/- 6.127 con valores presentados por Sánchez, se encuentra similitud en el ensilaje de la mezcla avena vicia obtenidos en Sumapaz, Usme y Ciudad Bolívar (Cundinamarca) con un 57.69% y valores inferiores para el ensilaje de avena – raygras en la vereda La Unión en Usme de 49.53%¹³⁸.

Comparando la media del tratamiento 2 de 44.042 +/- 4.831 con trabajos realizados por Báez, se encontró una FDN promedio de 58.44 % para el ensilaje de cebada forrajera¹³⁹.

¹³⁷ BRUCHMANN, Ernst. Bioquímica Técnica. Química alimentaria, de las fermentaciones y agrícola. Zaragoza: Acribia. 1980 p. 124

¹³⁸ SANCHEZ, Op.cit., p. 24

¹³⁹ BAEZ, Op. cit., p. 13

Weatherup menciona que los niveles de FDN en el ensilaje, dependen principalmente del estado de madurez de la planta al momento de ensilar, dando como valores medios para ensilajes de pasturas alrededor de 55%¹⁴⁰. El T1 se acerca a este valor, mientras que el T2 se encuentra en un nivel más bajo; lo cual indica que el material ensilado presentó una apropiada madurez que se ve reflejada en un ensilaje con un adecuado nivel de fibra. Siendo un factor importante para su utilización en dietas, ya que ensilajes muy fibrosos pueden restringir el consumo y ensilajes con muy poca fibra pueden resultar en acidosis.

➤ **Fibra en detergente ácido (FDA)**

Con relación al porcentaje de FDA para los dos tratamientos se encontró que hay diferencias estadísticamente significativas, con lo cual se deduce que el mejor tratamiento fue el T2. (Anexo L)

El valor del tratamiento 1 de 26.85 +/- 4.491, es menor con relación al contenido de FDA de otros ensilajes realizados por Sánchez, donde presenta ensilaje de avena vicia con una FDA de 34.96%¹⁴¹. Así mismo, Chaverra y Bernal expresan valores de 43.2% en ensilaje de avena y de 45.0% en ensilaje de avena vicia¹⁴².

¹⁴⁰ WEATHERUP, Norman. Proceso de ensilaje y su interpretación. USA. Oct 29 de 2003, p. 3 <www.RuralNIPortal.html>

¹⁴¹ SANCHEZ, Op. cit., p. 24

¹⁴² BERNAL, Op. cit., p. 103

El tratamiento 2 presentó una media de 21.19 +/- 3.18 que relacionado con los informes presentados por Báez de ensilajes de cebada forrajera (33.86%) muestran valores superiores a los expresados por este tratamiento.

Romero y Aronna afirman que la obtención de un ensilaje con bajo contenido de fibra indigestible se logra cuando el material es cosechado con el grano en estado lechoso¹⁴³; lo cual se realizó en el presente estudio.

Los valores de FDA para T1 y T2 son adecuados para un ensilaje de buena calidad según lo expresado por Weatherup, quién manifiesta que un valor medio para FDA en un ensilaje de pasturas está en 35%, un valor óptimo en 25% y valores superiores a 50% indican ensilajes de baja calidad¹⁴⁴.

➤ **Valor de pH**

Para Checa citado por Báez el pH es un buen indicador de la calidad de un ensilaje, considera que el pH menor a 5.0 se asocia con un buen valor nutritivo¹⁴⁵.

Así mismo, para Jordan el valor de pH para un ensilaje que ha tenido buena fermentación y almacenamiento satisfactorio oscila entre 3.8 – 4.7; por encima de este rango, el riesgo de deterioro por almacenamiento llega a incrementarse. Sin

¹⁴³ ROMERO y ARONNA, Op. Cit., p. 4

¹⁴⁴ WEATHERUP, Op. cit., p. 4

¹⁴⁵ BAEZ, Op. cit., p. 83

embargo, un alto contenido de materia seca en un ensilaje puede incrementar el pH¹⁴⁶.

El ensilaje del tratamiento 1 presenta una media de 4.70 +/- 0.176 y el tratamiento 2 presenta una media de 4.19 +/- 0.088, estos tratamientos no muestran diferencias estadísticamente significativas. (Anexo M)

Los valores de pH presentados por los dos ensilajes, mantienen una acidez adecuada lo cual inhibe el desarrollo de fermentos que además de acentuar la proteólisis atacan y transforman el ácido láctico, producen ácido butírico y presentan putrefacción

6.8 DIGESTIBILIDAD *IN VITRO* DE LA MATERIA SECA (DIVMS)

Para Chaverra y Bernal, la determinación de la digestibilidad de un alimento puede realizarse directamente en pruebas *In Vitro*, o mediante ecuaciones estadísticas elaboradas para cada especie forrajera o para cada grupo de forrajes¹⁴⁷.

Los ensilajes presentaron una DIVMS de 57.86% para la mezcla raygras aubade - avena y de 75.65% para la mezcla raygras aubade - cebada; al comparar estos porcentajes a lo expresado por Chaverra y Bernal se consideran como óptimos ya

¹⁴⁶ JORDAN, L. Ensilaje. 28 Agosto 1998. p. 4 <www.loughries.co/silage.html>

¹⁴⁷ CHAVERRA y BERNAL, Op. cit., p. 111

que, en términos muy generales, un porcentaje de materia seca digerible por encima del 52% se considera excelente, y deficiente por debajo del 35%¹⁴⁸.

Además, los valores obtenidos en este trabajo son similares a los expuestos por Báez, ya que presenta DIVMS de ensilajes de avena L-15 y de cebada forrajera con un 58.77% y 58.87% respectivamente¹⁴⁹. También se incluyen valores de 55.1% para ensilaje de avena y de 60.9% para ensilaje de cebada, reportados por Chaverra¹⁵⁰.

6.9 DIGESTIBILIDAD *IN SITU*

Portilla y Col. afirman que la digestibilidad de los forrajes se ve afectada significativamente por las características físicas del mismo tales como textura y palatabilidad, químicas como la composición bromatológica, las cuales en gran medida están determinadas por el estado de madurez, época del año, características físico químicas del suelo y niveles de fertilización; factores que en conjunto determinan el trabajo a nivel gastrointestinal y posterior aprovechamiento de los componentes nutricionales del pasto por parte del animal¹⁵¹.

¹⁴⁸ Ibid., p. 111

¹⁴⁹ BAEZ, Op. cit., p. 83

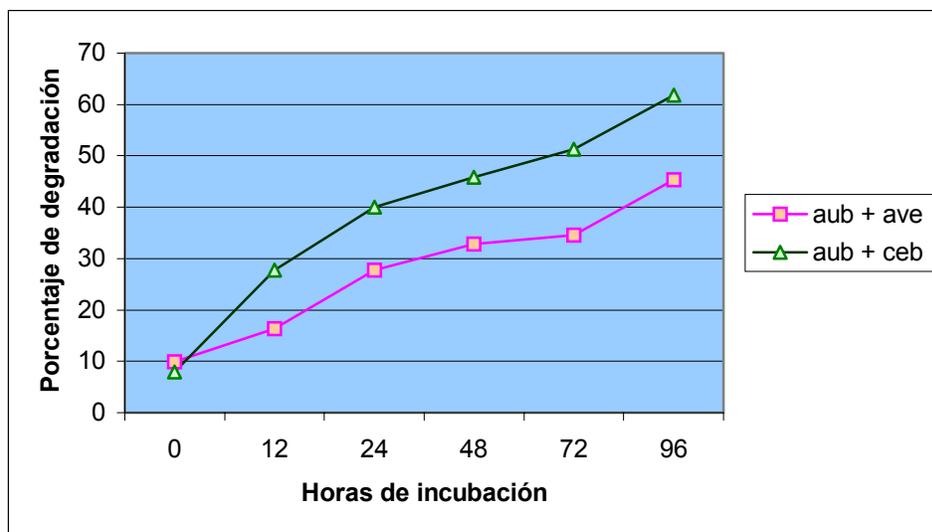
¹⁵⁰ CHAVERRA y BERNAL, Op. cit., p. 112.

¹⁵¹ PORTILLA, Op. cit., p. 60

6.9.1 Digestibilidad *in situ* de la materia seca. Benitez *et al.* Mencionan que la digestibilidad de la materia seca, depende en gran medida del estado de madurez, fertilización y condiciones del suelo, sin descartar variabilidad en la cantidad y distribución de las precipitaciones a lo largo del año, también fluctuaciones en la temperatura e intensidad lumínica, que pueden en algún evento ocasionar serios desbalances en la calidad nutricional de los pastos y por ende de los ensilajes¹⁵².

El tratamiento 2 en comparación con el tratamiento 1 alcanzó un porcentaje de degradación de la materia seca de 39.96% a las 24 horas, mientras que el tratamiento 1 obtuvo un 27.71%. De ahí en adelante el T1 mantiene un leve incremento, mientras que el T2 tuvo una mayor degradación. Al terminar la incubación a las 96 horas, T1 alcanzó el 45.31% mientras que el T2 llegó hasta 61.82% como lo indica la figura 14.

Figura 14. Degradabilidad *in situ* de la materia seca.

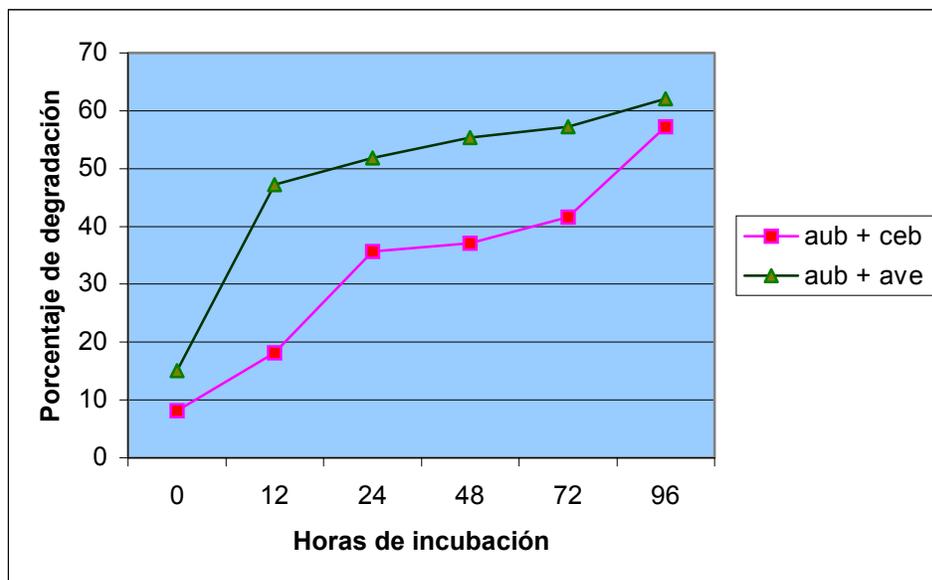


¹⁵² BENITEZ, C. *et al.* Los pastos en Cuba. La Habana - Cuba: pueblo y educación 1983. p. 63

6.9.2 Digestibilidad *in situ* de la Proteína. Church afirma que las diferencias en la degradación ruminal de las proteínas, se relacionan con el grado de asociación de éstas con las membranas de las células vegetales, la velocidad de la digestión de la membrana celular y la velocidad de la proteólisis¹⁵³.

El índice de degradación de proteína a las 12 horas fue de 47.18% para el tratamiento 1 y 18.18% para el tratamiento 2. A partir de esto el T1 presentó un mayor incremento hasta las 96 horas, mientras que el T2 se sostuvo en su degradación. A las 96 horas de incubación, T1 alcanzó una degradación de 62.05%, mientras que T2 llegó a 57.18% como lo indica la figura 15.

Figura 15. Degradabilidad *in situ* de la proteína.

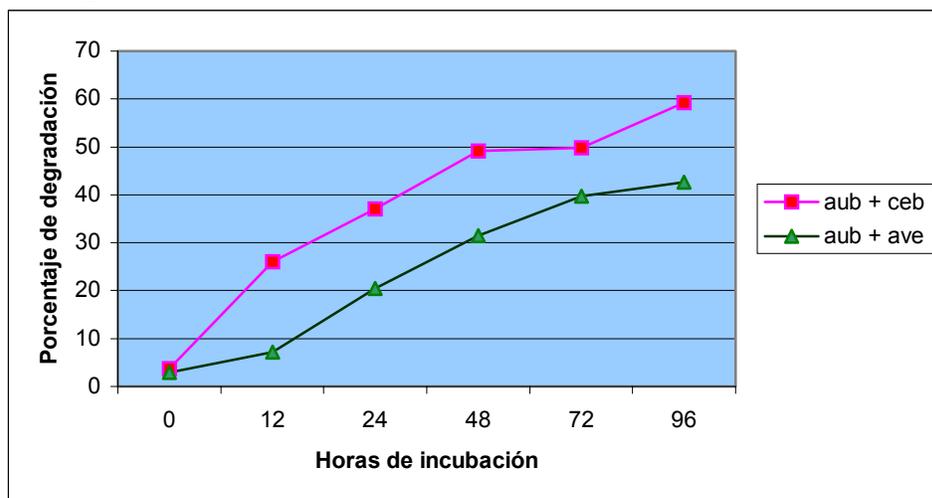


¹⁵³ CHURCH, Op. cit., p. 262

6.9.3 Digestibilidad *in situ* de la FDN. Portilla y Col. afirman que uno de los factores que mayor incide en la digestibilidad de la FDN es la edad de la planta, debido a que los polisacáridos estructurales representan la mayor parte del material de las membranas de las células vegetales, las cuales se inician con una membrana pectínica la cual con el avance de la madurez va siendo gradualmente sustituida por depósitos de celulosa y lignina, principales causantes de la disminución de la digestibilidad a causa de enlaces lignocelulósicos presentes en estas fracciones¹⁵⁴.

La degradabilidad de la fibra en detergente neutro, alcanzó porcentajes de 20.49% y 37.09% a las 24 horas para los dos tratamientos. A partir de esto el T1 presenta una menor degradación en comparación al T2. Al finalizar el periodo de incubación, el T1 alcanzó una degradación de 42.65% y el T2 59.27%, como lo indica la figura 16.

Figura 16. Degradabilidad *in situ* de la FDN



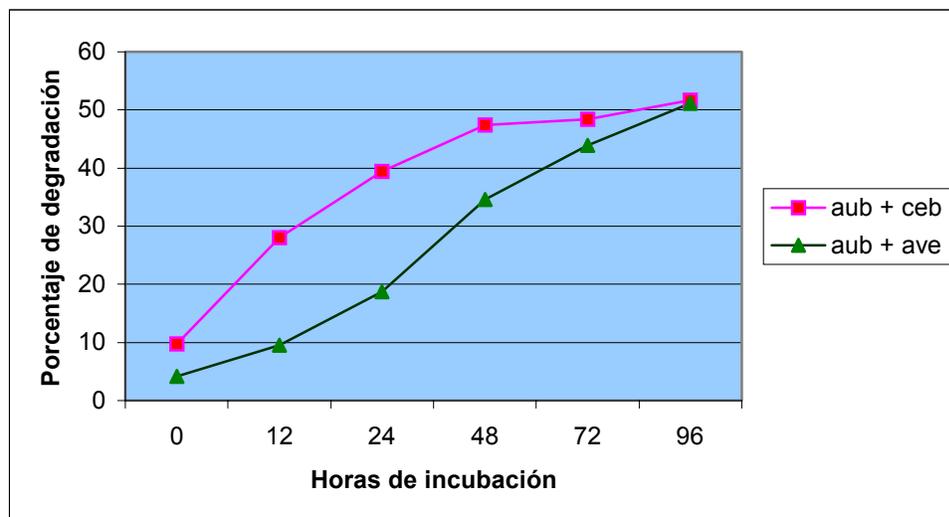
¹⁵⁴ PORTILLA, Op. cit., p. 75

6.9.4 Digestibilidad *in situ* de la FDA. Para Bondi, la formación del artefacto lignocelulósico así como tipos de enlaces de asociación con la lignina pueden influir para que se presenten digestibilidades de FDA bajas¹⁵⁵.

La degradabilidad de la fibra en detergente ácido a las 48 horas de incubación para el tratamiento 1 presentó 34.57% y para el tratamiento 2 un 47.39%.

A partir de las 48 horas hubo una degradación similar entre los tratamientos, alcanzando una degradación de 51.13% para T1 y 51.70 para T2 a las 96 horas, como lo indica la figura 17.

Figura 17. Degradabilidad *in situ* de la FDA



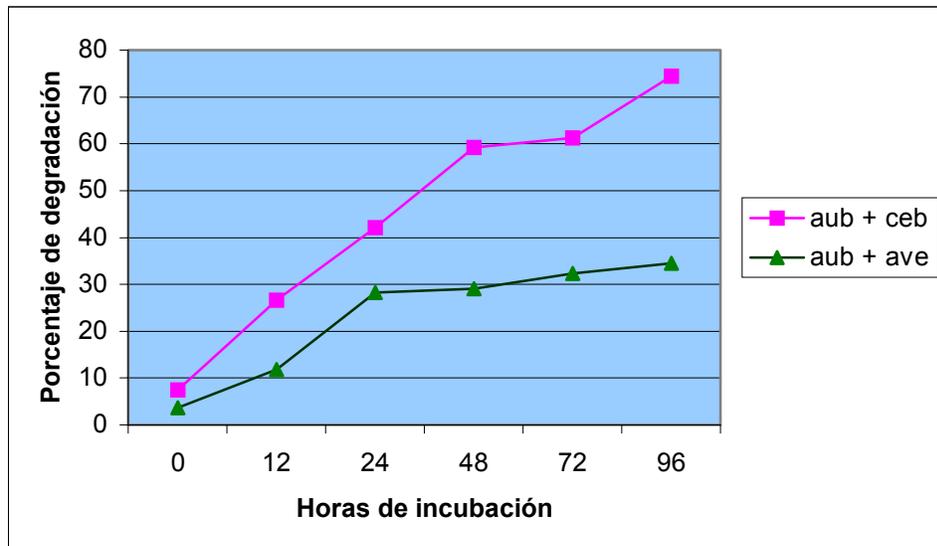
¹⁵⁵ BONDI, Arón. Nutrición animal. Zaragoza- España: Acribia. 1988. p. 295

6.9.5 Digestibilidad *in situ* de la hemicelulosa. Burgos menciona que la digestibilidad de la hemicelulosa puede disminuir cuando hay disponibilidad de otros alimentos, más fáciles de fermentar como azúcares y almidones¹⁵⁶

El índice de degradación de la hemicelulosa para el T1 fue de 28.30% y para el T2 42.12% a las 24 horas de incubación.

Al continuar el proceso de degradación se observa que el T2 supera al T1 con un porcentaje de 74.41%, mientras que el T1 alcanza un 34.48% a las 96 horas, como lo indica la figura 18.

Figura 18. Degradabilidad *in situ* de la hemicelulosa



¹⁵⁶ Burgos, Álvaro. Conferencias completas para el curso de nutrición animal 1. Pasto: Universidad de Nariño. 1994, p. 24

Los valores para digestibilidad *IN SITU* de materia seca, proteína, FDN, FDA y hemicelulosa citados anteriormente para los dos tratamientos son bajos, debido probablemente a que el animal fistulado no estaba recibiendo una dieta uniforme basada en ensilaje, por lo cual se puede alterar el grado de digestión.

Los resultados correspondientes a los coeficientes de digestibilidad de la materia seca, proteína, FDN, FDA y hemicelulosa, se presentan en los anexos N y Ñ.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

De acuerdo con los parámetros vegetativos valorados tales como la germinación, composición botánica y cobertura; las especies forrajeras evaluadas presentaron un comportamiento adecuado considerándose importantes para el potencial productivo de la pradera.

Al utilizar densidades de siembra de 40 Kg/Ha para los cereales forrajeros y 40 Kg/Ha para el raygras, permite mantener la pradera de aubade tras el primer corte.

Teniendo en cuenta la alta correlación existente entre los marcos de referencia y el rendimiento del forraje en materia seca para las dos mezclas, la producción de materia seca es buena, donde la mezcla aubade - avena alcanzó 9.08 Ton/ha y la mezcla aubade - cebada alcanzó 11.23 Ton/ha.

Cabe destacar el alto contenido de materia seca para la mezcla aubade cebada que fue de 26.43% en comparación al contenido de materia seca de la mezcla aubade - avena que no presentó un valor ideal, con un porcentaje de 17.30%.

La realización de microsilos, es una forma sencilla y práctica que facilita evaluar las características físicas y bromatológicas de ensilajes, lo cual permite tener puntos de referencia en cuanto a su posible utilización en la ganadería, especialmente minifundista (1 hectárea para siembra).

Las características organolépticas presentadas por los dos ensilajes, están dentro de los parámetros óptimos para un ensilaje de buena calidad.

De acuerdo a los resultados arrojados por el análisis estadístico entre los dos tratamientos, se encontraron diferencias significativas entre todas las variables a favor del tratamiento 1, a excepción del pH donde no se encontraron diferencias significativas.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la prueba de DIVMS, se encontró que la mezcla aubade - cebada fue superior a la presentada por el ensilaje de la mezcla aubade - avena con un porcentaje de 75.65% y 57.68% respectivamente.

Al comparar los resultados obtenidos en la digestibilidad *in situ*, se puede afirmar que el T2 presentó en general mejor degradación en todas las variables, sin embargo el T1 arrojó buenos resultados en la degradación de la proteína.

7.2 RECOMENDACIONES

Además del rendimiento total del forraje, parámetro fuertemente determinante en la elección de un cultivo, otros aspectos como la distribución y calidad del forraje, el hábito de crecimiento, la capacidad de rebrote y tolerancia a heladas, plagas y enfermedades también deben ser valoradas.

Evaluar la producción forrajera de raygras aubade a diferentes cortes o pastoreo, con el fin de determinar la persistencia de la pradera.

Es importante evaluar las condiciones del proceso de ensilado frente a la utilización de conservadores y/o aditivos en materiales forrajeros promisorios para ensilaje en la zona del altiplano Nariñense.

Evaluar la concentración de ácidos que se producen durante la fermentación, así como también la caracterización microbiológica de los ensilajes presentados en este estudio.

Tener en cuenta las mezclas de avena raygras y cebada raygras para la elaboración de ensilaje en otros tipos de silos (trinchera, montón, etc.) con el fin de obtener mayor volumen de alimento para lograr abastecer la finca durante la época de escasez.

Evaluar el consumo de los ensilajes expuestos en el presente estudio con el fin de determinar variables tales como palatabilidad, digestibilidad sobre consumo y producción; ya que con esto se logra estudiar la verdadera utilización de los nutrimentos.

BIBLIOGRAFIA

AGUALTIPLANO. Cultivo de la cebada. México. Dic. 2002, p.10
<www.agualtiplano.net/cultivos/cebada>

ARAGON, Rafael. “Conservación de forrajes para alimentación de bovinos”,
Tibaitatá, Colombia: CORPOICA Nov. 2002. 20 p. <<http://corpoica-regionaluno.org/tibaitata>>

ARAUJO, Omar *et al.* “Evaluación cualitativa de silaje de pasto elefante enano (*Pennisetum purpureum* cv. Mott) a diferentes edades de corte y adicionando urea y melaza”. Revista facultad de agronomía. 25 Oct. 1995. 34 p. <<http://www.redpav-fpolar.info/ve/fagroluz.html>>

ARCINIEGAS, Solange. Plan Básico de Ordenamiento Territorial. Municipio de Túquerres – Nariño, 2002. 28 p.

BAEZ, Fernando. Investigación adaptativa y transferencia de tecnología en el uso de horno forrajero como alternativa para producir ensilaje sin maquinaria para la alimentación de bovinos durante la época de sequía en el altiplano de Nariño. Pasto – Nariño, 2000. 60 p.

_____. 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. Pasto – Nariño, 2002. 150 p.

BARNES, Robert *et al.* Forrajes. Vol I. Introducción a la agricultura. 5 ed. 1995. 68 p. IOWN State University Press. <<http://www.gro.itesm.mx>>

BENITEZ, C. *et al.* Los pastos en Cuba. Instituto de ciencia animal. La Habana – Cuba: pueblo y educación, 1983. 676 p.

BERNAL, Javier. Pastos y forrajes tropicales. 3 ed. Santafé de Bogotá: Banco Ganadero, 1994. 575 p.

BOBILEV, I., PICAREU, N. y POTOKIN, V. Ganadería. Traducido por: RINCÓN, Ramiro. Moscú: s.n, 1979. 474 p.

BOLAÑOS, Antonio. 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. Pasto – Nariño, 2000. 56 p.

BONDI, Arón. Nutrición animal. Zaragoza – España: Acribia, 1988. 564 p.

BRUCHMANN, Ernst. Bioquímica Técnica. Química alimentaria, de las fermentaciones y agrícola. Zaragoza - España: Acribia, 1980. 321 p.

CHAVERRA, Hernán y BERNAL, Javier. El ensilaje en la alimentación del ganado vacuno. Colombia: tercer mundo editores. 2000, 253 p.

CHURCH, C.D. El rumiante, fisiología digestiva y nutrición. Zaragoza – España: Acribia, 1993. 295 p.

DE SOUZA, Manuel. Cultivos forrajeros y pascícolas. En: Enciclopedia práctica de la agricultura y la ganadería. Barcelona – España: Océano, 2000, 1032 p.

ELFERINK *et al.* Fermentación del ensilaje. Proceso y manipulación. 1999. 10 p.
<[http.fao.org/WAICENT/FAOINFO/AGRICULT/AGP/SILAGE/PDF](http://fao.org/WAICENT/FAOINFO/AGRICULT/AGP/SILAGE/PDF)>

GONZALES, Manuel. Cultivos extensivos. Monterrey, México. 2000. 16 p.
<<http://www.gro.itesm.mx>>

GONZALES, Verónica. Germinación de semillas e influencia de las distintas variables. Venezuela. 2001. 10 p. <<http://www.biocenosis.com/Elena/germinación semillas.htm>>

HAYDOCK y SHAW. Métodos de carácter subjetivo. Cuba: Instituto de ciencia animal, 1975. Separata de: Revista Cubana de ciencia agrícola. (Nov.1989); 312 p.

HURTADO, Carlos y REALPE, Carlos. Respuesta del pasto aubade (*Lolium sp*) a la aplicación de diferentes niveles de abono orgánico en la vereda Cabrera, corregimiento de La Laguna – Nariño. Pasto 1998, 192 p. Trabajo de grado (Zootechnista) Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias.

INFOAGRO. Cultivo de la cebada. Santiago, Chile. Nov 2002. 13 p. <<http://infoAgro.com>>

INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METERELOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM). Valores totales mensuales de precipitación. Regional 7 Nariño – Cauca. Abril de 2003.

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA (INTA) y OFICINA REGIONAL DE LA FAO PARA AMERICA LATINA Y EL CARIBE (RLAC). Principios de manejo de praderas naturales. Santiago de Chile – Chile: INTA y RLAC, 1986. 356 p.

JORDAN, L. Ensilaje. 28 agosto 1988. 6 p. <www.loughries.co/silage.html>

MANNETJE, L. Introducción a la conferencia sobre el proceso de ensilaje en los trópicos. Holanda, Mayo 2003. 9 p. <<http://www.fao.org/WAICENT/FAOINFO/SILAGE>>

Mc DONALD *et al.* Nutrición animal. 5 ed. Zaragoza – España: Acribia, 1999. 576 p.

MILA, Alberto. Suelos, pastos y forrajes. Facultad Ciencias Agrarias: UNAD. Bogotá, 2001, 267 p.

MUSLERA, E y RATERA, C. Praderas y forrajes. 2 ed. Madrid – España: Mundi prensa, 1991. 674 p.

ORSKOV, E. Alimentación de los rumiantes. Principios y prácticas. Zaragoza – España: Acribia, 1990. 82 p.

PORTILLA, Wilson; RODRÍGUEZ, Patricia y SERRALDE, Cecilia. Evaluación nutricional y digestibilidad “*In Situ*” de algunas arbóreas y arbustivas con potencial forrajero para la suplementación de rumiantes en el altiplano de Nariño, Colombia. Pasto 2000, 125 p. Especialización bovinos para leche. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias.

RIVERA, Julio Cesar. Políticas y programas de desarrollo. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias. Especialización en producción de bovinos para leche, San Juan de Pasto 1990. 215 p.

ROBLEDO de PEDRO, Félix y MARTÍN VICENTE, Luis. Aplicación de los plásticos en la agricultura. Madrid – España: Mundi prensa, 1981. 553 p.

ROBLES SÁNCHEZ, Raúl. Producción de granos y forrajes. 3 ed. México D.F: Limusa, 1982. 608 p.

ROMERO, Luis y ARONNA, Soledad. Reservas forrajeras. Ensilaje. Argentina: INTA-Rafaela. Oct 29 de 2003, p. 2 <www.agromail.net>

SALAMANCA, Rafael. Pastos y forrajes. Producción y manejo. Bogotá – Colombia: Universidad Santo Tomás, 1990. 339 p.

SÁNCHEZ, Leonardo. Alternativas de utilización de ensilajes en explotaciones lecheras de trópico alto. En: CARTA FEDEGAN. Colombia. No 64 (sep. – oct. 2000); 66 p.

SÁNCHEZ, Leonardo y BAEZ, Fernando. Conservación de forrajes en sistemas de producción bovina del trópico de altura. En: Memorias del seminario “Alternativas

tecnológicas para la producción competitiva de leche en el trópico alto”.
CORPOICA. Bogotá D.C Colombia, 2002. 49 p.

SÁNCHEZ, Leonardo; DE LA TORRE, Luis Felipe y GARCIA, Gustavo. Ensilaje como alternativa sostenible para producción bovina en las áreas rurales del D.C. DAMA – CORPOICA, Santafé de Bogotá, 1999. 27 p.

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y MEDIO AMBIENTE. Consolidado agropecuario, acuícola y pesquero. Republica de Colombia, Departamento de Nariño, 2001. 85 p.

SIERRA, José Oscar. “Principales especies forrajeras de clima frío”. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia, Colombia. 2000. 10 p.
<<http://kogi.udea.edu.co>>

SILVA, José Vicente. Manual Técnico de pastos y forrajes. Pasto-Colombia: Produmedios, 2001. 229 p.

STELL, Robert y TORRIE, James. Bioestadística: Principios y procedimientos. 2ed. México: Mc Graw Hill, 1986. 385 p.

TRUJILLO, Enrique. Manejo de semillas, viveros y plantación inicial. 1999, 73 p.

VERISSIMO, Luis. Cultivos herbáceos extensivos – Cereales. En: Enciclopedia práctica de la agricultura y la ganadería. Barcelona – España: Océano, 2000, 1032 p.

WEATHERUP, Norman. Proceso de ensilaje y su interpretación. USA. Oct 29 de 2003, p. 3 <www.RuralNIPortal.html>

ANEXOS

Anexo A. Porcentaje de germinación para el raygras aubade

Repetición	Semilla sembrada	Semillas germinadas	% germinación por repetición
1	100	92	92
2	100	95	95
3	100	90	90
4	100	93	93
		370	92.5

Anexo B. Porcentaje de germinación para la avena forrajera

Repetición	Semilla sembrada	Semillas germinadas	% germinación por repetición
1	100	87	87
2	100	85	85
3	100	89	89
4	100	90	90
		351	87.7

Anexo C. Porcentaje de germinación para la cebada forrajera

Repetición	Semilla sembrada	Semillas germinadas	% germinación por repetición
1	100	86	86
2	100	84	84
3	100	84	84
4	100	88	88
		345	86.2

Anexo D. Método de regresión lineal descrito por Haydock Y Shaw para determinar la producción de forraje.

El primer paso para el muestreo consiste en situar en el área 5 marcos de referencia (0.5 x 0.5 m). Se ubicarán dos marcos inicialmente entre el sitio de menor y mayor disponibilidad, que corresponderán a los rangos 1 y 5, respectivamente. A continuación se ubicará el marco 3, en el punto donde se encuentra la disponibilidad media. Entre los marcos 1 y 5 siguiendo el mismo principio, el marco 2 será ubicado en la disponibilidad media entre el marco 1 y 3 y el marco 4 entre el 3 y 5.

Después de establecida esta escala es recomendable dedicar un tiempo inicial, como periodo de entrenamiento en que los muestreadores en forma simultánea, realicen comparaciones visuales entre los marcos de referencia y una serie de marcos elegidos al azar, en el área de muestreo.

Es necesario señalar que la precisión y exactitud del método, dependerá de la forma en que se seleccionen las muestras en la segunda etapa, puesto que lleva implícito un riesgo de errores, que en este caso, puede estar en función de factores tales como: el tamaño de la hierba dentro del marco, la influencia consciente o inconsciente del personal en la selección de las muestras individuales; la intensidad mayor de muestreo en una parte del área y del tratamiento inadecuado en la información obtenida.

Para finalizar, la hierba de los marcos 1, 2, 3, 4 y 5 será cortada, pesada y secada para obtener la disponibilidad de materia verde (MV) o de materia seca (MS), de cada marco de referencia.

Si cada hierba cortada de cada marco de referencia es pesada inmediatamente en el campo, se toman 200 g y si el pesaje es posterior, se tomarán 300 g. En este último caso, no se puede olvidar el sellaje con nylon de las muestras, para evitar la pérdida de humedad; en caso de que el punto tomado pese menos de 200 g, se toma la hierba que rindió el mismo y se pone a estufa a 60 °C durante 48 h. Ya seco el material, se realiza un nuevo pesaje y se anota en cada punto, el valor de la materia seca.

Con estos datos se efectúan los cálculos y se halla el porcentaje de materia seca del pasto y la disponibilidad por hectárea, se establecerá una ecuación de regresión lineal entre estos valores tomando como variable Y (variable dependiente) y los rangos 1, 2, 3, 4 y 5 como variable X (variable independiente).

Anexo E. Estadística de regresión para la mezcla raygras aubade - avena

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0,942459453
Coefficiente de determinación R ²	0,88822982
R ² ajustado	0,850973093
Error típico	37,17505041
Observaciones	5

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Fuentes de variación</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>
Regresión	1	32947,6	32947,6	23,8407906
Desviaciones de la regresión	3	4145,95312	1381,984373	
Total	4	37093,55312		

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>
Intercepción	55,024	38,98952181	1,411250958	0,25300082
Variable X 1	57,4	11,75578314	4,882703202	0,01642519

Anexo F. Estadística de regresión para la mezcla raygras aubade - cebada

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0,990315513
Coefficiente de determinación R ²	0,980724815
R ² ajustado	0,974299754
Error típico	15,86056031
Observaciones	5

ANÁLISIS DE
VARIANZA

<i>Fuentes de variación</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>
Regresión	1	38397,85156	38397,85156	152,640533
Desviaciones de la regresión	3	754,67212	251,5573733	
Total	4	39152,52368		

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>
Intercepción	95,08	16,63469599	5,715764211	0,01062546
Coefficiente de regresión	61,966	5,015549554	12,35477774	0,0011424

Anexo G. Prueba T para el análisis de la materia seca

	Materia Seca T1	Materia Seca T2
Repeticiones	4	4
Media	21.1375	19.9875
Varianza	1.7384	2.3735
Desviación estándar	1.3185	1.5406
Mínimo	19.3	18.73
Máximo	22.43	22.22

Anexo H. Prueba T para el análisis de la proteína

	Proteína T1	Proteína T2
Repeticiones	4	4
Media	12.51	11.67
Varianza	0.179	0.4996
Desviación estándar	0.1339	0.7068
Mínimo	12.38	11.05
Máximo	12.68	12.69

Anexo I. Prueba T para el análisis de la FDN

	FDN T1	FDN T2
Repeticiones	4	4
Media	51.39	44.04
Varianza	14.8308	9.2211
Desviación estándar	3.8510	3.0366
Mínimo	45.87	39.57
Máximo	54.57	45.95

Anexo J. Prueba T para el análisis de la FDA

	FDA T1	FDA T2
Repeticiones	4	4
Media	26.85	21.19
Varianza	7.9665	4.0179
Desviación estándar	2.8225	2.0044
Mínimo	22.78	18.21
Máximo	29.3	22.49

Anexo K. Prueba T para el análisis de la ceniza

	Ceniza T1	Ceniza T2
Repeticiones	4	4
Media	8.32	9.345
Varianza	0.323	0.0864
Desviación estándar	0.5683	0.2939
Mínimo	7.83	8.92
Máximo	9.09	9.59

Anexo L. Prueba T para el análisis de extracto etéreo

	Extracto etéreo T1	Extracto etéreo T2
Repeticiones	4	4
Media	1.67	2.1025
Varianza	0.0167	0.0958
Desviación estándar	0.1293	0.3095
Mínimo	1.48	1.79
Máximo	1.77	2.45

Anexo M. Prueba T para el análisis de pH

	pH T1	pH T2
Repeticiones	4	4
Media	4.705	4.1925
Varianza	0.0123	0.0030
Desviación estándar	0.1112	0.0556
Mínimo	4.6	4.14
Máximo	4.82	4.27

Anexo N. Coeficientes de digestibilidad del ensilaje raygras aubade - avena

Horas incubación	M.S.	Proteína	FDN	FDA	Hemicelulosa
0	9.9	15.09	2.93	4.14	3.73
12	16.33	47.18	7.19	9.49	11.86
24	27.71	51.82	20.49	18.77	28.30
48	32.88	55.31	31.43	34.57	29.08
72	34.58	57.18	39.69	43.87	32.28
96	45.31	62.05	42.65	51.13	34.48

Anexo Ñ. Coeficientes de digestibilidad del ensilaje raygras aubade - cebada

Horas incubación	M.S.	Proteína	FDN	FDA	Hemicelulosa
0	7.99	8.15	3.73	9.74	7.51
12	27.77	18.18	26.00	28.04	26.61
24	39.96	35.68	37.09	39.45	42.12
48	45.83	37.12	49.15	47.39	59.20
72	51.31	41.61	49.82	48.39	61.22
96	61.82	57.18	59.27	51.70	74.41

