

**SUPLEMENTACIÓN CON CULTIVOS FORRAJEROS EN SISTEMAS DE  
PRODUCCIÓN DE LECHE EN EL TRÓPICO ALTO DE NARIÑO**

**DAVID FELIPE NIETO SIERRA**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRARIAS  
ÁREA DE ÉNFASIS PRODUCCIÓN ANIMAL  
SAN JUAN DE PASTO**

**2019**

**SUPLEMENTACIÓN CON CULTIVOS FORRAJEROS EN SISTEMAS DE  
PRODUCCIÓN DE LECHE EN EL TRÓPICO ALTO DE NARIÑO**

**DAVID FELIPE NIETO SIERRA**

**Trabajo de grado para optar el título de Magister en Ciencias Agrarias con  
énfasis en Producción Animal**

**Director:**

**EDWIN CASTRO RINCÓN, Zoot., MSc., Ph.D.**

**Codirectora:**

**ELIZABETH LAGOS BURBANO, Zoot., MSc.**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRARIAS  
ÁREA DE ÉNFASIS PRODUCCIÓN ANIMAL  
SAN JUAN DE PASTO**

**2019**

## **NOTA DE RESPONSABILIDAD**

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

Artículo 1° del acuerdo N° 324 de octubre 11 de 1966 emanado del Honorable Consejo directivo de la Universidad de Nariño.

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

---

---

---

---

---

**EFRÉN GUILLERMO INSUASTY SANTACRUZ, Zoot. MSc.**  
**Jurado delegado**

---

**LUZ STELLA MUÑOZ ARBOLEDA, Zoot. MSc., PhD.**  
**Jurado**

---

**ARTURO LEONEL GALVÉZ CERÓN, Zoot. MSc., PhD.**  
**Jurado**

---

**EDWIN CASTRO RINCÓN, Zoot., MSc., Ph.D.**

---

**ELIZABETH LAGOS BURBANO, Zoot., MSc.**

**San Juan de Pasto, abril de 2019**

## AGRADECIMIENTOS

AGROSAVIA	Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria
Edwin Castro Rincón	Zootecnista, MSc., PhD.
Elizabeth Lagos Burbano	Zootecnista, MSc.
Efrén Guillermo Insuasty Santacruz	Zootecnista, Esp., MSc.
Luz Stella Muñoz Arboleda	Zootecnista, MSc., PhD.
Arturo Leonel Galvéz Cerón	Zootecnista, MSc., PhD.
Diego Hernán Meneses Buitrago	Ingeniero Agropecuario
Edmundo Andrés Timarán Rivera	Médico Veterinario
Sonia Patricia Morales Montero	Ingeniera Agrónoma
Yesid Avellaneda Avellaneda	Zootecnista, MSc.
Daira Rubiela Guancha Timana	Operario
Javier Chávez Quiroz	Operario
Luis Ramiro Buesaquillo Achicanoy	Operario
Giraldo Solano Córdoba	Operario
Raúl Esteban Tumul Noguera	Operario
Victor Giraldo López Guacán	Operario
Iván Camilo Guerrero Portilla	Operario
Leandro Audelo Tumul Guancha	Operario
Familia y amigos	

## **DEDICATORIA**

A toda mi familia, amigos y compañeros por sus enseñanzas, consejos, paciencia y apoyo incondicional en la realización de este trabajo.

## RESUMEN

La producción de leche en el departamento de Nariño es una actividad importante, debido a que una gran cantidad de familias dependen económicamente de la misma. En estos sistemas predominan las razas puras o con un alto porcentaje de genes proveniente de razas europeas *Bos taurus* que tienen altas exigencias nutricionales. La alimentación básica en la producción bovina está constituida por forrajes en pastoreo, práctica económica por baja utilización de mano de obra e insumos agropecuarios. Los productores han tenido retos en los últimos años, debido a la variación climática, generando estacionalidad, baja calidad y disponibilidad de oferta forrajera, teniendo que acudir al uso de suplementos comerciales que incrementan los costos de producción. El establecimiento de cultivos forrajeros con fines de conservación, como el ensilaje, permite almacenar los forrajes y mantener la calidad de éstos; de esta manera se contribuye a disminuir pérdidas de producción de leche y permite mantener las producciones durante todo el año.

El presente trabajo se realizó en el Centro de Investigación Obonuco de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) y tuvo como objetivo generar alternativas de suplementación basadas en cultivos forrajeros, para disminuir el efecto de la estacionalidad en la producción y calidad composicional de la leche en el trópico alto de Nariño. Se realizó la caracterización agronómica, de producción y calidad nutricional de 10 materiales forrajeros, mediante un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. De acuerdo con las evaluaciones agronómicas y de calidad nutricional, se seleccionó el haba alpargata y remolacha forrajera como las dos mejores especies por su buen rendimiento y calidad nutricional, la cuales se ensilaron y evaluaron en animales, con tres niveles de inclusión (0, 4 y 8 kg de ensilaje vaca día<sup>-1</sup>), se evaluaron en la producción y calidad composicional de la leche.

El suministro de ensilaje de haba alpargata tuvo efecto sobre el porcentaje de proteína ( $p < 0,05$ ), y el ensilaje de remolacha forrajera afectó el porcentaje de grasa ( $p < 0,05$ ), con el mayor nivel de inclusión ( $8 \text{ kg vaca día}^{-1}$ ). El suministro de ensilaje de estas dos especies no influyó en el volumen de producción, sólidos totales y nitrógeno ureico en leche.

**Palabras claves:** rendimiento, grasa, proteína, leche, altura, plagas, enfermedades.



## ABSTRACT

The production of milk in the department of Nariño is an important activity, because many families depend economically on it. In these systems, pure breed predominates or with a high percentage of genes coming from European breed *Bos taurus* that have high nutritional requirements. The basic feeding in the bovine production is constituted by forages in grazing, economic practice by low use of manpower and agricultural inputs. The producers have had challenges in recent years, due to the climatic variation, generating seasonality, low quality and availability of forage supply, having to resort to the use of commercial supplements that increase production costs. The establishment of fodder crops for conservation purposes, like silage, allows storing forages and maintaining their quality; in this way, it helps to reduce milk production losses and allows production to be maintained throughout the year.

The present work was carried out in the Obonuco Research Center of the Agricultural Research Colombian Corporation (AGROSAVIA) and aimed to generate alternatives for supplementation based on forage crops, to reduce the effect of seasonality on the production and compositional quality of milk in the high tropic of Nariño. The agronomic characterization, production and nutritional quality of 10 forage materials was carried out by means of a design of complete blocks at random with four repetitions. According to the agronomic and nutritional quality evaluations, the haba alpargata and remolacha forrajera were selected as the two best species for their good yield and nutritional quality, which were ensiled and evaluated in animals, with three levels of inclusion (0, 4 and 8 kg of silage cow day<sup>-1</sup>), were evaluated in the production and compositional quality of the milk.

The supply of haba alpargata silage influenced the percentage of protein ( $p < 0.05$ ), and remolacha forrajera silage affected the percentage of fat ( $p < 0.05$ ), with the

highest level of inclusion (8 kg). cow day<sup>-1</sup>). The silage supply of these two species did not influence the production, total solids and urea nitrogen in milk.

**Keywords:** yield, fat, protein, milk, height, pests, diseases.

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
<b>1 INTRODUCCIÓN</b>	<b>26</b>
<b>2 OBJETIVOS</b>	<b>29</b>
2.1 GENERAL	29
2.2 ESPECÍFICOS	29
<b>3 HIPÓTESIS</b>	<b>30</b>
3.1 GENERAL	30
3.2 ESPECÍFICAS	30
<b>4 REVISIÓN DE LITERATURA</b>	<b>31</b>
4.1 PRODUCCIÓN DE LECHE EN COLOMBIA Y EN NARIÑO	31
4.2 CALIDAD DE LA LECHE	33
4.3 SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN EN LECHERÍA ESPECIALIZADA	35
4.4 CULTIVOS CON POTENCIAL DE USO FORRAJERO PARA LA ALIMENTACIÓN ANIMAL	37
4.5 GRAMÍNEAS DE CLIMA FRÍO	39
4.6 LEGUMINOSAS DE CLIMA FRÍO	42
4.7 FORRAJES TEMPORALES DE CLIMA FRÍO	44
4.8 USO DE ENSILAJE EN LECHERÍA ESPECIALIZADA	46
<b>5 METODOLOGÍA</b>	<b>47</b>
5.1 LOCALIZACIÓN	47
5.2 OBJETIVO ESPECÍFICO 1: EVALUACIÓN AGRONÓMICA Y DE CALIDAD NUTRICIONAL DE DIEZ MATERIALES FORRAJEROS CON POTENCIAL DE USO EN LA ALIMENTACIÓN BOVINA.	48
5.2.1 <i>Preparación del terreno</i>	48
5.2.2 <i>Siembra de especies</i>	48
5.2.3 <i>Manejo durante el establecimiento</i>	48
5.2.4 <i>Tratamientos</i>	48
5.2.5 <i>Variables medidas</i>	49
5.3 OBJETIVO ESPECÍFICO 2: DETERMINACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD COMPOSICIONAL DE LA LECHE EN VACAS SUPLEMENTADAS CON ENSILAJE DE DOS FUENTES ALTERNATIVAS DE FORRAJES.	52
5.3.1 <i>Manejo de pastoreo</i>	53
5.3.2 <i>Animales</i>	53
5.3.3 <i>Sanidad animal</i>	53

5.3.4	<i>Suplementación</i>	53
5.3.5	<i>Tratamientos</i>	54
5.3.6	<i>Variables medidas</i>	54
5.3.7	<i>Calidad de la leche</i>	54
5.3.8	<i>Diseño experimental y análisis estadístico</i>	55
<b>6</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>55</b>
6.1	OBJETIVO ESPECÍFICO 1: EVALUACIÓN AGRONÓMICA Y DE CALIDAD NUTRICIONAL DE DIEZ MATERIALES FORRAJEROS CON POTENCIAL DE USO EN LA ALIMENTACIÓN BOVINA.	55
6.2	VARIABLES AGRONÓMICAS	56
6.2.1	<i>Altura de las plantas</i>	57
6.2.2	<i>Incidencia de plagas y enfermedades</i>	59
6.2.3	<i>Variables productivas</i>	61
6.2.4	<i>Rendimiento de forraje verde y materia seca</i>	62
6.3	VARIABLES DE CALIDAD NUTRICIONAL	64
6.3.1	<i>Proteína cruda</i>	66
6.3.2	<i>Fibra detergente neutro y fibra detergente ácido</i>	68
6.3.3	<i>Lignina y hemicelulosa</i>	70
6.3.4	<i>Digestibilidad</i>	71
6.3.5	<i>Energía neta de lactancia</i>	72
6.4	OBJETIVO ESPECÍFICO 2: DETERMINACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD COMPOSICIONAL DE LA LECHE EN VACAS SUPLEMENTADAS CON DOS FUENTES ALTERNATIVAS DE FORRAJES.	74
6.4.1	<i>Calidad nutricional del ensilaje</i>	74
6.4.2	<i>Producción y calidad de leche</i>	78
<b>7</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>83</b>
<b>8</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>85</b>
<b>9</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>85</b>

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Composición química de la leche bovina	33
<b>Tabla 2.</b> Cultivos forrajeros evaluados	48
<b>Tabla 3.</b> Niveles de inclusión de haba alpargata y remolacha forrajera	54
<b>Tabla 4.</b> Variables agronómicas evaluadas en diez cultivos forrajeros en el Centro de Investigación Obonuco de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA, Pasto, Colombia.	57
<b>Tabla 5.</b> Promedio de variables productivas evaluadas en diez cultivos forrajeros en el Centro de Investigación Obonuco de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA, municipio de Pasto.	61
<b>Tabla 6.</b> Promedio de variables nutricionales evaluadas en diez cultivos forrajeros en el Centro de Investigación Obonuco de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA, municipio de Pasto.	65
<b>Tabla 7.</b> Promedios de variables nutricionales de ensilaje de haba alpargata y remolacha forrajera en el Centro de Investigación Obonuco de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA, municipio de Pasto.	75
<b>Tabla 8.</b> Promedios de producción y calidad composicional de leche de vacas suplementadas con ensilaje de haba alpargata, en el hato lechero del Centro de Investigación Obonuco de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA, Pasto, Colombia.	79
<b>Tabla 9.</b> Promedios de producción y calidad composicional de leche de vacas suplementadas con ensilaje de remolacha forrajera, en el hato lechero del Centro de Investigación Obonuco de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA, municipio de Pasto.	82

## 1 INTRODUCCIÓN

La lechería del país está compuesta por dos sistemas productivos, el especializado y el doble propósito. El sistema especializado es más intensivo y se encuentra en zonas frías del trópico alto, y el sistema doble propósito es característico de zonas tropicales bajas, de pequeños y medianos productores (Holmann et al., 2004, 2006).

El altiplano nariñense comprende dos regiones altamente productoras de leche. La primera se ubica en el municipio de Pasto y la segunda corresponde a los municipios de Guachucal, Cumbal, Túquerres e Ipiales, zona denominada la Exprovincia de Obando. En esta región predomina el minifundio, donde el 76% de los productores no sobrepasan las 10 hectáreas, el 63% de los predios presenta una producción de leche menor a 30 litros  $\text{dia}^{-1}$  y el 88% tiene entre una y seis vacas, con 22 litros de producción promedio  $\text{dia}^{-1}$  (Solarte et al., 2006).

De acuerdo con lo anterior, la lechería en el departamento de Nariño es una de las actividades de mayor importancia por la generación de empleo, ya que constituye una de las principales fuentes de ingresos de las familias campesinas (Solarte et al., 2006; Cuenca y Menza, 2009).

Este sistema productivo está basado en un 85% con praderas de kikuyo (*Cenchrus clandestinus* Chiov), en mezcla con leguminosas y en algunas regiones con raygrass (*Lolium multiflorum* Lam). Esta especie se ha naturalizado en Colombia, es de buena adaptación y está presente en la mayoría de las microrregiones de altiplanicies y laderas frías (Echeverri et al., 2010; Morales et al., 2013a; Carulla y Ortega, 2016). Sin embargo, en la actualidad, registra baja productividad, por ser susceptible a heladas y sequías, a esto se le suma las deficientes prácticas de manejo en la fertilización y el sobrepastoreo, lo que conlleva a una alta degradación

de las praderas. Por esta razón, las mezclas de pastos son benéficas porque ofrecen diversidad de alimento para el ganado y ayudan a contrarrestar estas limitantes, que se evidencian en baja capacidad de carga y producción animal (Navia et al., 2015).

En el trópico alto del departamento de Nariño, la producción de forrajes se ve muy afectada por los escenarios de cambio climático, debido especialmente a la disminución de la precipitación. El altiplano nariñense presenta un promedio anual de precipitación cercano a los 900 mm, y en algunos casos se reduce hasta un 50% (Tapasco et al., 2015). Las condiciones climáticas, en especial en los meses de junio, julio, agosto y septiembre, se caracterizan por presentar altas temperaturas en el día, bajas temperaturas en la noche y fuertes vientos; lo que afecta considerablemente la calidad de las especies forrajeras, teniendo un balance nutricional negativo en el animal por la limitada oferta alimenticia en calidad y cantidad para suplir las necesidades nutricionales (IGAC, 2004; Contextogadero, 2016).

La disminución de la oferta forrajera en épocas de déficit hídrico conlleva a que los productores acudan permanentemente al uso de suplementos comerciales incrementado los costos de producción (Betancourt et al., 2012; Carvajal et al., 2012). Otra práctica que han implementado en algunas zonas es el uso del ensilaje, sin embargo, éstos no son de buena calidad y las especies utilizadas generalmente son de ciclo largo. El trópico alto de Nariño, por las condiciones agroclimáticas, cuenta con diversidad de cultivos, los cuales no se han evaluado y presentan potencial de uso para la suplementación de bovinos (Carulla et al., 2004; Solarte et al., 2009; Navia et al., 2015).

Por lo tanto, se hace necesario caracterizar y evaluar fuentes alternativas forrajeras como estrategia de suplementación en épocas críticas, con el fin de disminuir la estacionalidad en la producción y calidad de la leche.

Para lograr lo anterior, se planteó el siguiente trabajo de investigación con el objetivo de responder a la siguiente pregunta de investigación: ¿Existen alternativas de suplementación basadas en cultivos forrajeros que disminuyan la estacionalidad de la producción y calidad composicional de la leche?



## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 General**

Generar alternativas de suplementación basadas en cultivos forrajeros, para disminuir el efecto de la estacionalidad en la producción y calidad composicional de la leche en el trópico alto de Nariño.

### **2.2 Específicos**

Realizar evaluación agronómica y de calidad nutricional, para identificar materiales con potencial de uso en la alimentación bovina.

Determinar la producción y calidad composicional de la leche en vacas suplementadas con ensilaje de cultivos forrajeros.

### **3 HIPÓTESIS**

#### **3.1 General**

**HO:** La suplementación basada en cultivos forrajeros no disminuye el efecto de la estacionalidad en la producción y calidad composicional de la leche, en el trópico alto de Nariño.

**H1:** La suplementación basada en cultivos forrajeros disminuye el efecto de la estacionalidad en la producción y calidad composicional de la leche, en el trópico alto de Nariño.

#### **3.2 Específicas**

**HO:** No existe materiales vegetales sobresalientes en el trópico alto de Nariño con potencial de uso en la alimentación bovina.

**H1:** Existe materiales vegetales sobresalientes en el trópico alto de Nariño con potencial de uso en la alimentación bovina.

**HO:** El uso de cultivos forrajeros no mejora la producción y calidad composicional de la leche.

**H1:** El uso de cultivos forrajeros alternativos mejora la producción y calidad composicional de la leche.

## 4 REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1 Producción de leche en Colombia y en Nariño

La lechería del país está compuesta por dos sistemas productivos, el especializado y el doble propósito (carne y leche). El sistema especializado es más intensivo y se encuentra en zonas frías del trópico alto (>2000 msnm) donde las temperaturas medias son bajas (10-20 °C), generalmente muy cerca de la zona urbana; y el sistema doble propósito es característico de zonas tropicales bajas (1200 a 2000 msnm), de pequeños y medianos productores (Holmann et al., 2004, 2006; Carulla y Ortega, 2016).

En los sistemas especializados, la producción de leche es generalmente alta, se ordeña dos veces al día (am y pm), sin la presencia del ternero y se suplementa con concentrado durante el ordeño (7-8 kg/día). Los machos recién nacidos son descartados a los pocos días de nacidos, predominan las razas puras o con un alto porcentaje de genes proveniente de razas europeas (*Bos taurus*) que son suplementadas con alimentos concentrados (Holmann et al., 2004; Carulla y Ortega, 2016).

Existen muchas razas de bovinos que se destinan a la producción especializada de leche en todo el mundo, siendo la predominante la raza Holstein-Friesian, aunque se encuentran otras razas lecheras (Jersey, Pardo Suizo, Ayrshire) y doble propósito (Normando) (Carulla y Ortega, 2016). Igualmente, en el trópico alto de Colombia y del departamento de Nariño predomina la raza Holstein-Friesian, seguida de Normando, Pardo Suizo, Jersey y cruces de Holstein con las anteriores razas (Solarte et al., 2009).

La ganadería de leche en Colombia se desarrolla en 22 departamentos ubicados en las costas Atlántica y Pacífica, y las regiones Occidental y Central del país. Se destacan algunas cuencas lecheras en el Altiplano Norte de Antioquia, el Cordón de Ubaté, la Sabana de Bogotá y el departamento de Nariño (Orjuela, 2013). Este sector se ha caracterizado por posicionarse cada vez mejor en mercados externos y por su producción, la cual se ha incrementado en los últimos años de manera significativa (Bohórquez et al., 2012); sin embargo, atraviesa fallas estructurales y problemas que se reflejan a lo largo de la cadena agroindustrial (Pérez et al., 2015). En el año 2015 se evidenció una disminución en el promedio nacional de leche/vaca/día, al pasar de 6,3 a 5,6 litros; esto pudo originarse por el fuerte Fenómeno del Niño que se presentó en ese año, lo cual se vió reflejado en una reducción del 2,9% en la producción nacional con respecto al año 2014 (ENA, 2016), pero en el año 2016 mejoró el promedio de producción a 5,8 litros/vaca/día, debido a que se presentó mejores condiciones climáticas para la producción de forrajes (ENA, 2017).

La productividad del departamento de Nariño, en promedio, es de 9,6 litros vaca día, mayor al promedio nacional, con un predominio de 63 % de la raza Holstein (Mejía, 2012; SAGAN, 2018). El 84 % de los predios se clasifican en la categoría de pequeño, donde el 42 % de los productores no poseen más de cinco hectáreas y el 93 % tiene una producción igual o menor a 100 litros diarios de leche (Mejía, 2012). Nariño participa con el 3 % de la producción nacional, siendo los departamentos más productores Antioquia, Cundinamarca y Boyacá, con una participación del 35 %, 31 % y 7 % respectivamente (MADR, 2018).

La producción lechera del departamento de Nariño es particular porque los hatos se encuentran a una altura media sobre el nivel del mar de 3079,9, lo que hace que la producción sea compleja, debido a que a esta altitud los terrenos deben dedicarse exclusivamente a la preservación del ecosistema y no a la actividad agropecuaria

(Solarte et al., 2009). Infortunadamente, la realidad muestra que, en esta región, la frontera agrícola, desde hace varias décadas, se ha extendido y desarrollado en este tipo de hábitats, hecho que constituye un verdadero reto para los investigadores de las ciencias agropecuarias, por la necesidad y urgencia de enfocar los esfuerzos y recursos para proponer soluciones integrales que permitan estas circunstancias, manteniendo la producción sin mayores deterioros del medio (Solarte et al., 2009).

## 4.2 Calidad de la leche

**Tabla 1.** Composición química de la leche bovina

Componente	Contenido (%)
Agua	87,5
Proteínas	3,2
Grasas	3,6
Hidratos de carbono	4,7
Caseína	2,6
Albúmina, globulina	0,6
Cenizas	0,7

Fuente: López, 2016

La composición de la leche está determinada por varios factores, entre los cuales se pueden destacar la genética, tipo de animal (volumen de leche y estado de lactancia), la nutrición y el entorno (Morales et al., 2013b). En este caso, la selección de toros es una herramienta para mejorar los componentes de la leche a mediano plazo; el manejo nutricional puede ayudarnos a mejorar la composición de la leche en el corto plazo (Ramos et al., 1998).

La calidad de leche está dada por la composición e higiene. La calidad composicional hace referencia a sus características fisicoquímicas. Su valoración se realiza de acuerdo con la cantidad de sólidos totales, proteína y grasa que

contenga cada litro, medida en gramos. Éstos se liquidan de acuerdo con el valor del gramo vigente (Guzmán, 2013).

La grasa en la leche está estrechamente relacionada con la proporción de fibra en la ración y la actividad de rumia; a mayor fibra, mayor rumia y por lo tanto más grasa en leche (Ramos et al., 1998). Aproximadamente un 50% de la grasa de la leche es sintetizada en la glándula mamaria a partir de los ácidos acético y butírico, que provienen de la fermentación ruminal de los alimentos; los otros componentes de la grasa se originan de lípidos de origen dietético o provenientes de los depósitos grasos de la vaca. Estas dos fuentes contribuyen a los ácidos grasos de cadena larga de la leche y son incorporados directamente al líquido (Campabadal, 1999).

La proteína en leche está determinada por el consumo de energía de la ración (carbohidratos) que estimula la producción de proteína microbiana y por la cantidad de la proteína sobrepasante (perfil de aminoácidos y digestibilidad) (Ramos et al., 1998). Las proteínas verdaderas de la leche (caseína, lactoalbúminas, lactoglobulinas) representan un 95 % de la proteína total, el resto es nitrógeno no proteico. Las proteínas verdaderas son sintetizadas en la glándula mamaria a partir de aminoácidos esenciales y no esenciales, glucosa y ácido propiónico, absorbido de la sangre (Campabadal, 1999).

Por otro lado, la calidad higiénica se mide en términos del nivel de unidades formadoras de colonia (UFC), es decir, bacterias por mililitro (ml) de leche; entre más bacterias se encuentren, mayor descuento se hace al precio pagado al productor (Guzmán, 2013). La presencia de estas bacterias en la leche, está dada por las deficientes prácticas de higiene realizadas durante la rutina de ordeño, como el mal lavado de los utensilios de ordeño, ubres y manos del ordeñador sucias (Moreno et al., 2007). Otro parámetro que está relacionado con la calidad higiénica de la leche es el recuento de células somáticas (RCS), el cual determina la salud de

la ubre e indica si hay presencia de mastitis. Bajo RCS se relaciona con mayor producción de leche y mejor calidad de derivados lácteos (Vásquez et al., 2012). El contenido de UFC y RCS se ve aumentado en época de lluvia, debido a que las vacas se exponen a contaminación ambiental (barro, estiércol, etc) y, por lo tanto, los recuentos de mesófilos, coliformes y células somáticas aumentan (Moreno et al., 2007).

El precio del litro de leche está dado por una base más bonificaciones por calidad composición e higiénica, luego se procede a hacer otras bonificaciones o descuentos por calidad sanitaria y buenas prácticas ganaderas (BPG); ambas son certificadas por el ICA y las puede exigir el agente comprador. La primera hace referencia a que los animales estén vacunados contra la fiebre aftosa y brucela y, así el hato esté libre de brucelosis, tuberculosis o ambas enfermedades. La segunda tiene que ver con la forma en la que se realiza el ordeño, es decir, la limpieza de la ubre de la vaca, de las manos de quien ordeña y del hábitat de la vaca. Las bonificaciones que se otorgan por concepto de la calidad higiénica, la calidad sanitaria y BPG se deben reconocer de manera obligatoria (Guzmán, 2013).

### **4.3 Sistemas de alimentación en lechería especializada**

La alimentación básica en los sistemas de producción bovina en Colombia está constituida por forrajes de pastoreo, ya que es una práctica económica por baja utilización de mano de obra y de insumos agropecuarios (Carulla et al., 2004; Molano et al., 2011). El pastoreo se encuentra en diferentes niveles de uso, que va desde los sistemas extensivos donde la intervención del hombre es mínima y los animales pastorean en grandes áreas, con pastos de reducida productividad por unidad de área y baja calidad nutricional, hasta sistemas intensivos (confinados o semiconfinados) donde los animales se alimentan con pastos de corte, alimentos conservados (ensilaje, henolaje y heno), subproductos agroindustriales y alimentos

balanceados comerciales (Molano et al., 2011). Generalmente, en el departamento de Nariño, el pastoreo extensivo es el más utilizado, acompañado de suplementación alimenticia basada en el suministro de concentrado comercial en un 81%, y el 19% no realiza suplementación (Solarte et al., 2009).

Los sistemas intensivos son una gran alternativa, debido a que el pastoreo como fuente única de alimento posee muchas limitantes, la principal es la disminución en su calidad nutricional y cantidad durante las épocas de sequía, causando durante estos periodos pérdidas de peso y disminución en la productividad (Arteaga, 2009). La producción estacional de forrajes es muy notable en el trópico alto, logrando pastos abundantes en épocas de lluvia y crecimientos casi nulos en épocas secas; como consecuencia, se registran pérdidas marcadas en la producción (Betancourt et al., 2012). Por lo anterior, hay que aprovechar al máximo toda la comida que hay disponible en invierno y, si el ganado no alcanza a consumir directamente, se debe conservar el pasto sobrante para suministrarlo en el verano (Osorio et al., 2011). En este contexto, una clasificación inicial de los sistemas de producción bovina puede ser establecerse teniendo como criterios las condiciones climáticas y geográficas.

Estas limitantes hacen que los productores acudan permanentemente al uso de concentrados que incrementan los costos de producción (Molano et al., 2011). Los concentrados son granos y frutos de origen vegetal con muy poca fibra (sólo en la cáscara), formados en gran parte por sustancias nutritivas altamente digestibles como el maíz, cebada, arveja, haba, arroz, trigo, sorgo, soya, semilla de algodón, etc. (Copa, 2010).

La composición de un concentrado para animales se determina de acuerdo con tres criterios principales: precio, composición nutricional y características del animal. La composición nutricional de un concentrado varía de acuerdo con el tipo de animal que se va a alimentar y con su estado de crecimiento (Zaharí y Aimon, 2005).



El pasto, por sí solo, no es capaz de aportar todos los nutrientes necesarios, de ahí la importancia de conocer las diversas fuentes de nutrientes y su correcta utilización. Por esta razón, las ganaderías productoras de leche exploran permanentemente alternativas tanto de praderas como de cultivos forrajeros y arbóreas de origen regional, que contribuyan a mejorar la sostenibilidad de la producción lechera, que permita hacerlos más competitivos mediante una oferta alimenticia de buena calidad con el fin de disminuir los costos (Trujillo, 2009).

En los últimos años, con el aumento de los precios de los granos (maíz, soya, trigo, etc.) destinados a la alimentación de los rumiantes, se observa gran interés en el uso de alimentos alternativos, donde los subproductos agroindustriales juegan un papel importante. Los residuos agropecuarios se han transformado en una excelente alternativa para la alimentación de los rumiantes, las ventajas radican en que son más baratos que el forraje, tienen una incidencia importante en el cuidado del medio ambiente y aportan una alta cantidad de nutrientes que ayudan a los animales a adquirir los requerimientos nutricionales necesarios (Tapia, 2013). La inclusión de estos subproductos constituye una oportunidad única de sustituir fuentes demandadas por la nutrición humana (maíz, trigo) por fuentes que no compiten en este mercado (residuos de cosecha) (Chilibroste, 2012), teniendo en cuenta que aproximadamente la tercera parte de los cereales producidos en el mundo son consumidos por animales domésticos (Garciaarena, 2014).

#### **4.4 Cultivos con potencial de uso forrajero para la alimentación animal**

Los ganaderos consideran que los mejores potreros deben ser de un solo tipo de pasto, y que la presencia de otras especies mono y dicotiledóneas las consideran como malezas. Por el contrario, cuando se tienen potreros en monocultivo, sólo el 50 a 80% del área está en capacidad de producir forraje, y el área restante estará

siempre libre de pasto o invadida por arvenses; por esta razón, las asociaciones de dos o más especies de pastos con leguminosas incrementan la productividad de los potreros, o más recomendable es realizar mezclas de gramíneas o pastos mejorados, naturales o naturalizados con leguminosas rastreras que se encuentran disponibles para todos los climas; en igual sentido, cobra gran importancia la conservación de especies leguminosas nativas en los potreros, por parte de los ganaderos (Carulla et al., 2004; Solarte et al., 2009; Morales et al., 2013b).

Existen dos familias botánicas de gran importancia por su potencial forrajero, las gramíneas y las leguminosas. Las gramíneas comprenden el 75% de plantas forrajeras, las leguminosas tienen una marcada trascendencia ya que, en asociación con las gramíneas, son los grupos de vegetales que más se usan en la producción bovina. Esto ha hecho que durante más de 50 años muchos investigadores sólo han mirado el componente herbáceo, desconociendo la biodiversidad de especies leñosas arbustivas y arbóreas (crucíferas, tuberosas, chenopodiales, etc.) que tienen usos diversos y estratégicos que permiten mayores respuestas zootécnicas (Chamorro, 2010).

Se pueden considerar dos grupos de leguminosas, leguminosas–forraje que son usadas normalmente en la alimentación de rumiantes y leguminosas–grano usadas esencialmente para aves y cerdos, y en menor medida para rumiantes. Éstas pueden sustituir parcial o totalmente a fuentes de proteínas tradicionales, de origen animal, como carne, huesos o harina de pescado y de origen vegetal como las harinas de soya, que es la semilla más utilizada como fuente de proteína en la nutrición animal (Rubio y Molina, 2016). Actualmente existe una demanda elevada de proteína vegetal para la alimentación animal, como consecuencia de la prohibición del empleo de harinas de origen animal. Anteriormente en la alimentación fue tradicional el uso de ciertas leguminosas como chícharos (*Lathyrus sativus* y *Lathyrus cicera*), yeros (*Vicia ervilia*), vezas (*Vicia sativa*), alverjones (*Vicia*

*norbonensis*), algarrobas (*Vicia monantos*), habas (*Vicia faba*), alhovas (*Trigonella foenumgraecum*), arvejas (*Pisum sativum*), entre otras. No pudieron competir con el precio de la proteína de la torta de soya, subproducto de la extracción del aceite de la soya. Actualmente se está potenciando de nuevo el empleo de estos forrajes alimenticios alternativos debido a la necesidad de diversificación de las fuentes de proteína para la alimentación animal (Ramos, 2006).

A pesar de esta abundancia de recursos forrajeros, la ganadería de los trópicos latinoamericanos enfrenta graves problemas relacionados con la cantidad, calidad y productividad de las pasturas. Este problema es agravado por la alta presencia de especies nativas, adaptadas, pero de baja productividad, y por la susceptibilidad a la degradación y baja persistencia de las introducidas (Holmann et al., 2004).

#### **4.5 Gramíneas de clima frío**

Las especies forrajeras de clima frío crecen bien en altitudes de 2.200 msnm en adelante, donde predominan sistemas de lechería y carne especializada. En alturas superiores a 3.200 m solamente crecen bien algunas especies nativas que comúnmente tienen un bajo valor nutritivo. El clima frío se caracteriza por temperaturas entre los 15 y 22 °C. Durante ciertas épocas del año se presentan con frecuencia heladas, que son temperaturas por debajo o alrededor del punto de congelación, limitando la producción de algunas especies susceptible a bajas temperaturas (Guerrero, 1998; Molano et al., 2011). A continuación, se describen las gramíneas más comunes en los sistemas de producción de leche en el trópico alto de Nariño.

**Falsa poa (*Holcus lanatus* L.):** fue introducida de Europa. Crece espontáneamente en las praderas naturales y a lo largo de carreteras y canales, generalmente en mezcla con el pasto oloroso. Produce muy bien en los suelos pobres, ácidos y ricos

en materia orgánica. Es una especie perenne, muy valiosa en condiciones de páramo, generalmente crece en plantas aisladas o formando pequeños grupos. Se utiliza principalmente en pastoreo, se puede pastorear en forma continua, pero el forraje disponible es poco abundante. En mezcla con otras especies se debe pastorear en rotación. No se debe dejar madurar, pues las variedades nativas producen gran cantidad de tallos florales que no son consumidos por el ganado y se pierde mucho forraje por pisoteo. Es una alternativa como recurso forrajero por su gran adaptación y rusticidad, el forraje producido es de muy buena calidad y parece como una de las especies más promisorias para mejorar la producción en las praderas de páramo (Guerrero, 1998; Sánchez, 2009).

**Azul orchoro (*Dactylis glomerata* L.):** nativa de Europa, del Oeste de Asia y del Norte de África. Su distribución es cosmopolita, naturalizada en toda América templada y en Oceanía. Puede desarrollarse a alturas entre 1500 y 2000 msnm, su producción es muy escasa, aunque en algunas áreas es una especie invasora; en el límite de los páramos crece bien pero su desarrollo es muy lento. Es una gramínea perenne, resistente a heladas y sequía. Produce en casi todos los suelos, pero el rendimiento es mucho mayor en los fértiles, profundos y bien drenados. Se usa principalmente en pastoreo, en mezcla con otras gramíneas y leguminosas. En algunos casos se utiliza para corte verde, heno, henolaje y ensilaje. Se adapta mejor al pastoreo en rotación (Guerrero, 1998; Sánchez, 2009).

**Kikuyo (*Cenchrus clandestinum* H.):** es un pasto tropical C4, originario de la región de Kikuyo en Kenia y que se ha naturalizado en Colombia hasta volverse endémico en pasturas de la microrregión de altiplanicies y laderas frías. Es posiblemente una de la más importante especie de gramínea utilizada en la producción de leche en Colombia (Morales et al., 2013a). Es tolerante a la sequía, pero muy susceptible a las heladas y al exceso de humedad (Guerrero, 1998).

Se utiliza para pastoreo, heno, henolaje y ensilaje; resiste el pastoreo continuo, pero cuando está sembrado en mezcla con otras especies, se debe pastorear en rotación, con periodos de descanso entre 6 y 8 semanas, dependiendo de la humedad disponible. Cuando se maneja mal, se acolchona y se rebaja significativamente la producción, por lo tanto, es económico renovarlo periódicamente (Guerrero, 1998).

**Raigrases (*Lolium spp*):** el nombre genérico de raigrás (ryegrass), se aplica primordialmente a dos especies cultivadas del género *Lolium*. Una de estas especies, el *Lolium multiflorum* Lam., se conoce como raigrás anual o italiano, y el *Lolium perenne* L., como raigrás inglés o perenne. El raigrás italiano es originario de la zona mediterránea, sur de Europa, norte de África y Asia menor. El raigrás perenne es originario de la zona templada del Asia y norte de África. Los raigrases se introdujeron a Colombia hace aproximadamente 40 años y se han adaptado muy bien al clima frío. Son resistentes a las heladas y se pueden cultivar incluso en alturas de hasta 3600 msnm y temperaturas promedias de 6 a 8 °C. Los raigrases son muy exigentes en humedad, especialmente los tetraploides anuales. Para un normal desarrollo se requieren entre 12 y 25 mm de precipitación o riego por semana (Guerrero, 1998).

**Pasto brasilero (*Phalaris spp*):** fue introducido de Brasil al Ecuador en 1966, y en 1970 se introdujo a Colombia al departamento de Nariño, de allí se extendió a todo el país. Se adapta en alturas entre 2000 y 3000 metros, tolerante a la sequía, en condiciones de buena humedad produce más forraje. Requiere suelos profundos y ricos en materia orgánica. El establecimiento es lento, el primer corte debe efectuarse a los 6 meses después de la siembra. A partir del primer corte y en condiciones óptimas de humedad y fertilización, se puede obtener cortes entre los 50 y 70 días con un rendimiento de 17 a 20 toneladas por hectárea de forraje verde

por corte (Vicuña, 1985); por el contrario, Bernal y Moreno (1979) afirman que el rendimiento de forraje seco por hectárea/año es de hasta 6 toneladas.

#### **4.6 Leguminosas de clima frío**

Las leguminosas son reconocidas como fuente de excelente forraje y como mejoradoras de la fertilidad del suelo, debido a que tienen la habilidad de fijar el nitrógeno del aire y de incorporar grandes cantidades de materia orgánica (Guerrero, 1998). A continuación, se describen las leguminosas más comunes en los sistemas de producción de leche en el trópico alto de Nariño.

**Alfalfa (*Medicago sativa* L.):** es una leguminosa vivaz, basófila y de profunda raíz pivotante. Originaria de Irán - Asia, ampliamente difundida en Europa desde hace varios milenios por los griegos. Es llamada “la reina de las leguminosas o reina de las plantas forrajeras” por su amplia adaptación, buena producción de forraje de alta calidad, habilidad para mezclarse con las gramíneas, persistencia, capacidad para fijar N del aire, alta gustosidad y facilidad para manejarla en corte o pastoreo, sus excelentes características hace que con mayor frecuencia se utilice para la elaboración de heno, henolaje, ensilaje y para la fabricación de harina y concentrados (Guerrero, 1998; San Miguel, 2007). Según Guerrero (1998), se adapta bien desde el nivel del mar hasta 3200 msnm en las condiciones de Colombia; aunque se produce bien en clima cálido y medio, pero tradicionalmente se ha sembrado en clima frío donde presenta menos problemas de enmalezamiento y enfermedades; por el contrario, San Miguel (2007) afirma que, por el riesgo de proliferación de enfermedades, no se suele cultivar por encima de los 1200 msnm, se recomienda que sea por debajo de los 1000 msnm.

**Trébol rojo (*Trifolium pratense* L.):** es una leguminosa introducida, vivaz, de porte erecto y muy bien adaptada a las condiciones de Colombia. Aparece de forma

natural en los prados y se utiliza habitualmente para la implementación de praderas en asocio con gramíneas (*Lolium multiflorum*, *Dactylis glomerata*, *Bromus wildenowii*, *B. inermis* y *Lolium perenne*), pero también se puede utilizar para corte, heno o ensilaje y abono verde. Particularmente es resistente al frío y exigente en humedad, no tolera la sequía, aunque es más resistente que el trébol blanco. Con riego o freatismo puede vivir bajo climas mediterráneos, aunque no tolera bien el calor excesivo, y si el frío intenso, llega hasta los 3000 msnm (Guerrero, 1998; San Miguel, 2007).

**Trébol blanco o trébol reptante (*Trifolium repens* L.):** debe su nombre al color blanco de las flores y a que es una leguminosa vivaz y estolonífera. Es la leguminosa perenne más importante de todo el mundo para pastoreo en zonas húmedas y se utiliza en mezcla con gramíneas (*Lolium perenne* y *Cenchrus clandestinum*), puede ser más intensamente pastoreado que el trébol rojo. Es una especie bien adaptada hasta alturas de 3200 msnm. Tiende a comportarse como perenne, pero muchas desaparecen durante el verano, debido a enfermedades de los estolones, su óptimo se sitúa en climas húmedos (Guerrero, 1998; San Miguel, 2007).

**Haba (*Vicia faba* L.):** es un cultivo importante en la actividad agrícola en las zonas frías de los departamentos de Boyacá, Cundinamarca, Nariño, Cauca y Santander, considerándose como un cultivo de rotación en regiones con alturas superiores a los 2800 msnm. Se calcula que en Colombia se dedican a este cultivo aproximadamente 5000 hectáreas/año, cuya producción se consume, 60% en grado verde y 40% en grano seco. Esta leguminosa es una valiosa fuente alimenticia porque presenta entre el 26 y 35% de proteína (Checa, 1994). El haba tiene un buen comportamiento entre 2700 y 3200 msnm. Sin embargo, su mejor capacidad productiva se logra entre 2900 y 3100 msnm, siendo una buena alternativa de diversificación en la zona triguera del departamento de Nariño (Túquerres, Imués,

Guaitarilla, Sapuyes, Ospina e Iles). Es resistente a heladas, pero exigente en riego (Sañudo et al., 1999)

#### **4.7 Forrajes temporales de clima frío**

Son especies de corto y mediano plazo de alto rendimiento, que permiten obtener un forraje abundante durante ciertas épocas del año; este forraje se puede suministrar inmediatamente a los animales, o conservarlo mediante prácticas de ensilaje, henificación o henolaje, para suministrarlo durante las épocas de escasez de forraje (Guerrero, 1998).

**Maíz (*Zea mays* L.):** se cultiva en todos los climas, es un cereal básico para la alimentación humana en Colombia y muchos otros países. Se cultiva con frecuencia para producir forraje verde o ensilar. Es muy gustoso y de gran valor nutritivo. Se debe cosechar cuando el grano se encuentre en estado lechoso y las hojas estén todavía verdes y tiernas. Sólo se puede obtener una cosecha de cada siembra (Guerrero, 1998).

**Avena (*Avena sativa* L.):** se adapta a una gran variedad de suelos, pero produce mejor en los de mediana a alta fertilidad, profundos y bien drenados. Generalmente se emplea para corte y ensilaje. Se puede usar para heno, particularmente cuando se mezcla con tréboles, vicia o arveja forrajera. Es una especie que puede durar hasta un año y producir dos o tres cortes, pero se recomienda hacer solamente un corte, aproximadamente a los 110 días después de la siembra, cuando el grano se encuentre en estado de leche, especialmente si se usa para ensilaje (Guerrero, 1998).

**Remolacha forrajera (*Beta vulgaris* L.):** el gran potencial de la remolacha radica en producir excelentes rendimientos en suelos salinos donde pocos cultivos crecen,



ya que su raíz larga toma agua de lo más profundo en el perfil del suelo, bajando el nivel freático y ejerciendo efecto de biorremediación (Anderson et al., 2015). La remolacha, por su parte, es un cultivo suplementario con un elevado contenido energético que tiene el poder de estimular la producción de leche, siendo muy palatable y altamente digestible; además, complementa adecuadamente la calidad de la dieta de los animales alimentados a base de forrajes y ofrece el potencial para reemplazar el grano en las raciones de vacas lecheras, proporcionando ventajas económicas, pero el bajo contenido en MS de las remolachas puede ser el principal inconveniente para concentraciones muy elevadas (Lafaux et al., 2015; Evans et al., 2016).

Se distinguen dos grupos de variedades: las de “plato”, de raíz redondeada, que se desarrollan casi en la superficie del suelo y que, por lo general, son variedades precoces, y las “alargadas”, de carne roja muy oscuro, que sobresalen mucho del terreno, son más rústicas y productivas que las anteriores. Dentro de las de plato se cuentan con: Plato de Egipto, Detroit, Crosby, Cylindra, Ruoge Globe Lourette, Faro, Rubidus y Claudia; todas ellas son de color rojo oscuro intenso y sin veteado interno. Dentro de las alargadas la más común es la Larga Roja Negra de las Virtudes (Quintero, 1984).

**Rábano forrajero (*Raphanus sativus* L.):** también llamado nabo forrajero, es un alimento de alta calidad que se caracteriza por ser muy energético, con un aceptable contenido en proteínas, digestible y rico en minerales, principalmente calcio y potasio. Es adecuado para la alimentación de los rumiantes, siendo recomendable complementarlo con alimentos fibrosos, pobres en proteínas como pajas y henos. La composición química varía según se trate de hojas o de raíces. Las hojas tienen mayor contenido en materia seca, en proteínas y en calcio. Las raíces son más ricas en azúcares (Delgado, 1984).

#### **4.8 Uso de ensilaje en lechería especializada**

El ensilaje es la fermentación de los carbohidratos solubles del forraje por medio de bacterias que producen ácido láctico en condiciones anaeróbicas. El producto final es la conservación del alimento porque la acidificación del medio inhibe el desarrollo de microorganismos. El oxígeno es perjudicial para el proceso porque habilita la acción de microorganismos aerobios que degradan el forraje ensilado hasta CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O (Garcés et al., 2004).

La elaboración de ensilaje es una buena opción para conservar forrajes y mantener la calidad de éstos, permitiendo incrementar el número de animales por hectárea y la sustitución o complementación de los concentrados (Garcés et al., 2004; Villegas y Trujillo, 2014). Un silo bien hecho, con un material de excelente calidad al momento de la cosecha y, además, que se encuentre bien sellado se puede conservar durante más de un año manteniendo una calidad muy estable (Villegas y Trujillo, 2014).

El ensilaje permite asegurar una alimentación constante, menos costosa y de calidad para el ganado, es una herramienta clave para mejorar la eficiencia productiva. La conservación de alimento disminuye la variabilidad en producción de leche y estabiliza la carga animal en las fincas, pues se almacena el alimento en época de abundancia para utilizarlo en época de escasez (Villegas y Trujillo, 2014). Existen varios productos y subproductos agrícolas que se emplean para la elaboración de ensilaje, como las gramíneas usadas para pastoreo, con o sin mezcla de leguminosas, cultivos temporales y plantas arvenses; sin embargo, las más adecuadas son los cereales (maíz, avena, trigo, cebada, sorgo) por sus contenidos de azúcares, almidones y gran producción de biomasa (materia verde) (Arreaza et al., 2012).

La papa es otro cultivo empleado para la elaboración de ensilaje en trópico alto. El ensilaje de papa es una opción práctica, de fácil elaboración, conservación y uso rentable. Este suplemento, bajo condiciones adecuadas de almacenaje y conservación, puede considerarse como un suplemento sin riesgos microbiológicos para la alimentación de vacas lecheras (Ruiz, 2006). Existe una mayor producción de leche, porcentaje de grasa y proteína en animales suplementados con uno y dos kilogramos de ensilaje de papa que las vacas suplementadas con un kilogramo de concentrado (manejo tradicional) (Ruiz, 2006; Fonseca y Borrás, 2014).

Benavidez y Sánchez (2010) evaluaron el ensilaje de afrecho de cervecería en la producción y calidad de leche, donde afirman que el reemplazo parcial del suplemento balanceado comercial por ensilaje de afrecho de cervecería enriquecido con harina de maíz constituye una alternativa viable para mejorar la competitividad de las explotaciones lecheras especializadas de trópico alto, al obtener un menor costo de producción con un rendimiento y calidad láctea similar.

## **5 METODOLOGÍA**

### **5.1 Localización**

El estudio se realizó en el Centro de Investigación Obonuco de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, ubicado en el corregimiento de Obonuco, municipio de San Juan de Pasto, departamento de Nariño; a una altura de 2905 msnm, 01°11'28.3' N, 77°19'08.8' W. Temperatura promedio de 12°C y con una precipitación pluvial promedio anual de 1100 mm (Estación climática ganadería, Agrosavia 2017).

## 5.2 Objetivo específico 1: Evaluación agronómica y de calidad nutricional de diez materiales forrajeros con potencial de uso en la alimentación bovina.

### 5.2.1 Preparación del terreno

Se realizaron tres pases de rastra y dos de cincel, ambos cruzados e intercalados. Se aplicaron las enmiendas de acuerdo con el análisis de suelos y recomendaciones.

### 5.2.2 Siembra de especies

Se sembró de acuerdo con el método de propagación, al tamaño de la semilla de cada especie y a especificaciones técnicas.

### 5.2.3 Manejo durante el establecimiento

Se realizó la fertilización, manejo de plagas, enfermedades y control de arvenses de acuerdo con recomendaciones técnicas.

### 5.2.4 Tratamientos

**Tabla 2.** Cultivos forrajeros evaluados

Tratamiento	Nombre común	Nombre científico	Origen
1	Maíz Ica V305	<i>Zea mays</i> L.	Comercial
2	Avena Cayuse	<i>Avena sativa</i> L.	Comercial
3	Remolacha Forrajera	<i>Beta vulgaris</i> L.	Comercial
4	Rábano Forrajero	<i>Raphanus sativus</i> L.	Comercial
5	Pasto Brasileiro	<i>Phalaris</i> spp	Local
6	Haba Roja	<i>Vicia faba</i> L.	Local

7	Haba Común	<i>Vicia faba</i> L.	Local
8	Haba Alpargata	<i>Vicia faba</i> L.	Local
9	Alfalfa Moapa 69	<i>Medicago sativa</i> L.	Comercial
10	Alfalfa 10-10	<i>Medicago sativa</i> L.	Comercial

---

### 5.2.5 Variables medidas

Se adaptó la metodología de Toledo (1982) para realizar las evaluaciones agronómicas. Se realizaron las evaluaciones en tres puntos al azar de cada parcela a partir del primer mes de establecimiento, con frecuencia de cada 15 días hasta el momento de cosecha, las cuales se presentan a continuación:

#### Variables agronómicas

**Altura de la planta (cm):** Se registró la altura mediante una regla métrica. Se midió desde el suelo hasta el punto más alto de la planta, sin estirarla y sin contar la inflorescencia.

**Enfermedades:** Se evaluó la incidencia de enfermedades en cada parcela, empleando una escala de 1 a 4, siendo 1 sin afecciones y 4 severamente afectado (Salinas, 1982).

1= Presencia de la enfermedad: 5% de las plantas afectadas.

2= Daño leve: 5-20% de plantas afectadas.

3= Daño moderado: 20-40% de plantas afectadas.

4= Daño severo o grave: más de 40% de plantas afectadas.

**Plagas:** Se evaluó la incidencia de plagas en cada parcela, empleando una escala de 1 a 4, siendo 1 sin daños y 4 daño grave (Calderón, 1982).

1= Presencia del insecto; daño inferior al 1%

2= Daño leve

3= Daño moderado

4= Daño grave

### **Variables productivas**

**Producción de forraje verde (kg m<sup>-2</sup>):** Al finalizar el ciclo productivo de cada especie, se cosechó y se pesó las producciones de cada parcela.

**Producción de materia seca (kg m<sup>-2</sup>):** Se tomó una submuestra de 300 gr por cada parcela, se llevó a la estufa para secado a 65°C durante 48 horas. Luego de estar seca, se pesó para determinar el porcentaje de materia seca (Salinas, 1982).

### **Variables nutricionales**

**Calidad nutricional de las especies forrajeras:** Luego de la cosecha y de obtener el porcentaje de materia seca, las submuestras se enviaron al laboratorio de nutrición animal ubicado en el Centro de Investigación Tibaitata de Agrosavia, Mosquera, Colombia, donde se realizó el análisis bromatológico mediante la técnica de espectroscopia de reflectancia en infrarrojo cercano NIRS (Ariza et al., 2017), con el equipo (NIRS DS 2500 - FOSS Analytical A/S – Dinamarca), teniendo en cuenta los métodos de referencia. Se determinó el contenido de proteína cruda (PC) (AOAC984.13), fibra detergente neutro (FDN) (AOAC2002.04), fibra detergente ácido (FDA) (AOAC973.18), lignina (LIG) (Se determinó a partir del residuo insoluble del detergente ácido tratado con ácido sulfúrico 12 M), hemicelulosa (HEM)

(diferencia entre FDA y FDN), digestibilidad (DIG) y energía neta de lactancia (ENL) (Mediante ecuaciones elaboradas por el laboratorio).

#### **5.2.5.1 Elaboración de ensilajes**

Se seleccionaron las dos mejores especies teniendo en cuenta las características agronómicas y nutricionales, priorizando el porcentaje de PC y ENL, seguido del contenido de fibra. Se realizó ensilaje picando el material mediante una pica pasto, al cual se añadió el 3% de melaza como aditivo para favorecer la fermentación y el llenado de las bolsas (calibre 6) mediante Silopack.

#### **5.2.5.2 Parámetros de calidad del ensilaje**

Después de 60 días de fermentación (Ferrer et al., 1995; Arreaza et al., 2012), se tomaron una muestras de 500 gr de cada ensilaje y se enviaron al laboratorio de nutrición animal ubicado en el Centro de Investigación Tibaitata de Agrosavia, Mosquera, Colombia, donde se realizó el análisis bromatológico mediante la técnica de espectroscopia de reflectancia en infrarrojo cercano NIRS (Ariza et al., 2017), con el equipo (NIRS DS 2500 - FOSS Analytical A/S – Dinamarca), teniendo en cuenta los métodos de referencia. Se determinó el contenido de proteína cruda (PC) (AOAC984.13), fibra detergente neutro (FDN) (AOAC2002.04), fibra detergente ácido (FDA) (AOAC973.18), lignina (LIG) (Se determinó a partir del residuo insoluble del detergente ácido tratado con ácido sulfúrico 12 M), hemicelulosa (HEM) (diferencia entre FDA y FDN), digestibilidad (DIG) y energía neta de lactancia (ENL) (Mediante ecuaciones elaboradas por el laboratorio).

### 5.2.5.3 Diseño experimental y análisis estadístico

Para la evaluación del comportamiento agronómico y calidad nutricional se empleó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones, para un total de 30 parcelas. La parcela experimental tuvo un área de 30 m<sup>2</sup>, con una distancia de 1 m entre parcelas y 2 m entre bloques, para un área total del experimento de 1258 m<sup>2</sup>. El análisis de los datos se realizó mediante el PROC MIXED del paquete estadístico SAS (Versión 9,4), con comparación de medias por medio de la prueba Tukey. Además, se tuvo en cuenta las medidas de tendencia central, tablas de frecuencia y medidas de dispersión para la toma, organización y análisis preliminares de los datos.

**Modelo estadístico** (Martínez et al., 2011).

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

$Y_{ij(k)}$  = Observación de la unidad experimental

$\mu$  = media general

$T_i$  = efecto de la especie  $i$

$\beta_j$  = efecto de la pendiente  $j$

$E_{ij(k)}$  = error experimental de la u.e  $i, j$

### 5.3 Objetivo específico 2: Determinación de la producción y calidad composicional de la leche en vacas suplementadas con ensilaje de dos fuentes alternativas de forrajes.

El haba alpargata (hojas, tallo, vaina) y la remolacha forrajera (hojas, tallo, raíz), fueron seleccionadas para ensilar por su buen rendimiento y calidad nutricional. Estos ensilajes se utilizaron para suplementar vacas de leche y evaluar el efecto en la producción y calidad de leche.



### **5.3.1 Manejo de pastoreo**

El pastoreo se realizó de acuerdo con el manejo de la finca, con una base forrajera constituida por kikuyo (*Cenchrus clandestinus*), falsa poa (*Holcus lanatus*), azul orchoro (*Dactylis glomerata*), raygrass (*Lolium multiflorum*) y tréboles (*Trifolium sp*), con pastoreo rotacional y cerca eléctrica, en donde se ajustaba diariamente el área de pastoreo a los requerimientos diarios de materia seca por animal (3,0 kg MS /100 kg PV), y se corría tres veces al día la cinta eléctrica.

### **5.3.2 Animales**

Se emplearon 12 vacas F1 (Kiwi Cross X Holstein), de primer parto, que se encontraron entre el primer, segundo tercio de lactancia y con un peso vivo promedio de 460 kg.

### **5.3.3 Sanidad animal**

Se llevó a cabo el manejo empleado en la zona en cuanto a vacunación y manejo parasitario preventivo. Se tuvo en cuenta el aval del comité de bioética de Agrosavia.

### **5.3.4 Suplementación**

El sistema de alimentación en el hato lechero del Centro de Investigación Obonuco, se caracteriza producir leche de calidad a base de forrajes en pastoreo, sal y agua. No se suministra concentrados comerciales.

La suplementación de ensilaje de las dos especies (haba alpargata y remolacha forrajera) se realizó en tres periodos de 15 días, para un total de 45 días, donde los primeros siete días correspondieron al periodo de acostumbramiento y los ocho días

siguientes fueron utilizados como el período de medición (Jefery, 1970; Stoobs y Sandland, 1971; Elgersma et al., 2004). El suministro se realizó en el ordeño de la mañana y tarde.

### 5.3.5 Tratamientos

Éstos resultaron del ensilaje de haba alpargata (*Vicia faba* L.) y remolacha forrajera (*Beta vulgaris* L.), con dos niveles de inclusión y un testigo. En cada cultivo se realizó un experimento de suplementación independiente.

**Tabla 3.** Niveles de inclusión de haba alpargata y remolacha forrajera

<b>Haba alpargata (<i>Vicia faba</i> L.)</b>	<b>Remolacha forrajera (<i>Beta vulgaris</i> L.)</b>
<b>T0:</b> Sin suplementación	<b>T0</b> Sin suplementación
<b>T1:</b> 4 kg de ensilaje vaca día <sup>-1</sup>	<b>T1:</b> 4 kg de ensilaje vaca día <sup>-1</sup>
<b>T2:</b> 8 kg de ensilaje vaca día <sup>-1</sup>	<b>T2:</b> 8 kg de ensilaje vaca día <sup>-1</sup>

### 5.3.6 Variables medidas

Se registró la producción diaria de leche por vaca y se tomaron muestras de leche para evaluar la calidad composicional los días 1, 7, 13, 14 y 15 de cada periodo.

### 5.3.7 Calidad de la leche

Se determinó la concentración de grasa, proteína, sólidos totales y nitrógeno ureico en leche (MUN) mediante el método de espectroscopia infrarroja (AOAC 972.16 de 2005). Las muestras se procesaron en el Laboratorio de leche del C.I Obonuco - de Agrosavia, Pasto, Colombia, en el equipo (FOSS Milkoscan™ 7 RM - FOSS Analytical A/S – Dinamarca).

### 5.3.8 Diseño experimental y análisis estadístico

Se empleó un diseño experimental cuadrado latino 3X3 reversible y replicado para cada material seleccionado (Martínez et al., 2011) con tres periodos de 15 días, para un tiempo total de evaluación de 45 días, la unidad experimental correspondió a una vaca en lactancia. Se tomó muestras de leche los días 1 y 7 como covariables al cambio de dieta y a los periodos de acostumbramiento, para tener un mejor ajuste del diseño experimental. Además, se tuvo en cuenta las medidas de tendencia central, tablas de frecuencia y medidas de dispersión para la toma, organización y análisis preliminares de los datos.

**Modelo estadístico** (Martínez et al., 2011).

$$Y_{ij(k)} = \mu + F_i + C_j + T_{(k)} + E_{ij(k)}$$

$Y_{ij(k)}$  = Observación de la unidad experimental

$\mu$  = media general

$F_i$  = efecto del periodo  $i$

$C_j$  = efecto del animal  $j$

$T_{(k)}$  = efecto del tratamiento  $k$

$E_{ij(k)}$  = error experimental de la u.e  $i, j$

## 6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 Objetivo específico 1: Evaluación agronómica y de calidad nutricional de diez materiales forrajeros con potencial de uso en la alimentación bovina.

Para los dos tipos de alfalfa (moapa y 10-10), no se registran valores en las variables agronómicas, productivas y nutricionales, debido a que no hubo un desarrollo

completo de los cultivos por presencia de arvenses en el momento de la germinación.

## **6.2 Variables agronómicas**

Para las otras especies, en la Tabla 3 se observa el promedio de las variables agronómicas (altura de la planta, presencia de plagas y enfermedades y días a cosecha). La variable altura y días a cosecha presentaron una gran variación, debido a que son especies con diferente fenología y hábito de crecimiento. La avena cayuse presentó el mayor promedio de altura, seguida de haba alpargata y de pasto brasilero (167,78; 154,33 y 146,22 cm, respectivamente); por el contrario, el cultivo con menos altura fue la remolacha forrajera (55,33 cm).

El cultivo más precoz fue el rábano forrajero, seguido de remolacha forrajera y avena cayuse (84, 140 y 150 días, respectivamente) y el menos precoz fue el cultivo del maíz Ica V 305 (235 días). Entre más precoz sea el cultivo, es más favorable debido a que se obtienen más cosechas al año.

La avena cayuse, el rábano forrajero y el pasto brasilero mostraron presencia de insectos con un daño inferior al 1%, el resto de las especies presentaron un daño leve por plagas. Mientras que, las tres variedades de haba (roja, común y alpargata) fueron las únicas especies que presentaron un daño leve por enfermedades, representado entre 5% y 20% de plantas afectadas.

**Tabla 4.** Variables agronómicas evaluadas en diez cultivos forrajeros en el Centro de Investigación Obonuco de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA, Pasto, Colombia.

<b>Tratamiento</b>	<b>Altura (cm)</b>	<b>Plagas</b>	<b>Enfermedades</b>	<b>Días a cosecha</b>
Maíz Ica V 305	145,99	2	1	235
Avena cayuse	167,78	1	1	150
Remolacha forrajera	55,33	2	1	140
Rábano forrajero	77,68	1	1	84
Pasto brasilero	146,22	1	1	201
Haba roja	99,68	2	2	202
Haba común	124,78	2	2	202
Haba alpargata	154,33	2	2	202
Alfalfa moapa	-	-	-	-
Alfalfa 10-10	-	-	-	-

(cm) centímetros. (-) no se obtuvieron datos porque los cultivos no se desarrollaron satisfactoriamente.

### **6.2.1 Altura de las plantas**

Reta et al., (2008) reportan para dos variedades de remolacha forrajera alturas de 49,96 y 52 cm a los 104 días de cosecha con una temperatura de 17,7 °C. Las anteriores alturas son menores a la encontrada en este estudio teniendo en cuenta que se cosechó a 140 días y con una temperatura de 12 °C. Igualmente, la altura para el cultivo de remolacha forrajero del presente estudio fue mayor al promedio reportado por Espinoza, (2013) para 14 cultivares de esta misma especie a los 120 días (21,05 cm), con una temperatura y altitud similares (13,4 °C y 2838 msnm), pero con una precipitación inferior (530 mm); con estas mismas condiciones, Oleas (2012) obtuvo un promedio de altura menor (19,28 cm) para 16 cultivares. Estas

variaciones dependen principalmente de la genética, del manejo y de los factores ambientales (Espinoza, 2013); sin embargo, en los estudios nombrados anteriormente presentaron menores días a cosecha que en el presente estudio, lo cual puede ser la razón principal de la diferencia entre las alturas.

En el trabajo de Martínez et al., (2005c) se observa que la altura de la planta es un indicativo de adaptación y desarrollo del cultivo, ya que ellos evaluaron en remolacha forrajera siembra directa y por trasplante a los 25, 30 y 35 días, obteniendo mayor altura en la siembra directa (21,59 cm), seguido del trasplante a los 35 días (18,22 cm). Lo anterior se puede confirmar con el trabajo de León (2015), donde emplea la variable altura como respuesta a la fertilización orgánica e inorgánica, obteniendo mejor rendimiento en la fertilización orgánica con un promedio de 23,09 cm.

Argote y Halanoca (2007) evaluaron ocho variedades de avena forrajera, obteniendo que la avena cayuse fue una de las especies con menor altura, presentando un rango entre 128 cm y 130 cm, siendo inferior a lo obtenido en este estudio. De igual forma, Bolaños et al., (2003) reportan alturas inferiores para la variedad Obonuco Avenar (122 cm) y avena cayuse (134 cm) a los 113 y 168 días de cosecha, respectivamente; sin embargo, los mismos autores afirman que a pesar de Obonuco Avenar presentar la menor altura, presenta mejor rendimiento de MS, por su mejor relación hoja/tallo, además de ser más precoz y ser resistentes a plagas y enfermedades.

En el estudio realizado por Bilal et al., (2017), los cuales evaluaron cuatro niveles de fertilización nitrogenada (0, 40, 80 y 120 kg ha<sup>-1</sup>) en avena forrajera y, además, inoculación de la semilla con biofertilizante (*Azospirillum* + *Azotobacter spp*), obtuvieron menores alturas en los diferentes tratamientos a la obtenida en este estudio, donde se empleó una dosis de 100 kg de N ha<sup>-1</sup>. Sin embargo, la dosis mayor (120 kg de N ha<sup>-1</sup>) y la de semilla inoculada, presentaron las mayores alturas

(123,8 cm y 116,7 cm, respectivamente); además, la interacción de éstas (120 kg ha<sup>-1</sup> + Inoculación de la semilla) fueron mayores a las anteriores (130,9 cm). A pesar de que la dosis más alta de nitrógeno presentó la mayor altura, no presentó el mayor rendimiento de MS, por lo tanto, la dosis con mayor rendimiento de MS fue la de 80 kg ha<sup>-1</sup>. Esto se relaciona con el contenido de nitrógeno, el cual aumenta la actividad meristemática y fotosintética al regular el alargamiento, la división celular y los contenidos de clorofila de las hojas, reflejándose en mayor rendimiento de MS (Bilal et al., 2017).

Igualmente, la altura encontrada en este trabajo para avena cayuse, es mayor a los reportes encontrados por Saleem et al., (2015), quienes también evaluaron la inoculación de semilla de avena con *Azotobacter spp* y *Azospirillum*, obteniendo 146,23 cm y 139,09 cm, respectivamente y un rendimiento de MS mayor en *Azotobacter spp*. De la misma manera, Ayub et al., (2011) evaluaron siete variedades de avena y, la que presentó mayor altura, también presentó mayor rendimiento de MS. Lo que verifica el concepto de que, la altura de la planta es un parámetro importante relacionado generalmente con el crecimiento que se correlaciona directamente con la productividad de las plantas en términos de rendimiento de forraje (Hameed et al., 2014; Saleem et al., 2015); sin embargo, en este trabajo no aplica este concepto, debido a que son especies con diferente fenología, habito de crecimiento y composición genética.

### **6.2.2 Incidencia de plagas y enfermedades**

Los productores se enfrentan cada día a una serie de insectos que reducen el rendimiento de maíz, atacando al cultivo en todas las etapas de su desarrollo, las cuales se ven favorecidas por condiciones climáticas, labores preparatorias del terreno, rotación de cultivos, control de malas hierbas, entre otros (Deras, 2011; Gordon, 2012).

El maíz presentó un daño leve por plagas que afectan el follaje (Calderón, 1982), como el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), la chicharrita del maíz (*Dalbulus maidis*) y el gusano soldado (*Spodoptera exigua*). De acuerdo con Corrales et al. (2004), INTA (2010), CESAVEG (2011), Fabara (2012), el gusano cogollero es una de las plagas que más afecta la producción de maíz, generando grandes pérdidas; se caracteriza porque durante su ciclo de vida efectúa daños en todo el desarrollo del cultivo, generando raspadura de la epidermis en las hojas, agujeros grandes e irregulares y dejan excrementos como huella. Al igual que el gusano cogollero, el gusano soldado consume follaje, siendo su mayor consumo en estado de larva (CESAVEG, 2011). Por el contrario, la chicharrita del maíz ocasiona dos tipos de daño, como chupador provocando lesiones en las hojas, quitándole savia a la planta y al segregar mielecilla se desarrolla el hongo negro conocido como fumagina (INTA, 2010).

La remolacha forrajera presentó una incidencia relativamente baja, considerándose como daño leve de acuerdo con la escala establecida por Calderón (1982). Se presentaron plagas como gusano soldado (*Spodoptera exigua*) y mosca blanca (*Bemisia tabaco*), característicos por causar daño en el follaje, afectando la producción de azúcares al reducir el área foliar (Gutiérrez, 2006; Alvarado et al., 2011).

Las tres variedades de haba (roja, común y alpargata) también presentaron incidencia de plagas y enfermedades durante el periodo de evaluación. Presentaron minador de la hoja (*Liriomyza brasiliensis*) como plaga y mancha chocolate (*Botrytis fabae*) como enfermedad fungosa, de acuerdo con Checa (1994) y Sañudo et al. (1999), quienes afirman que el daño por minador de la hoja es característico cuando alternan épocas húmedas y secas, siendo el daño ocasionado por las larvas presentando síntomas más visibles en el haz de las hojas principalmente en el tercio inferior de las plantas. Los mismos autores consideran la mancha chocolate como una de las enfermedades más frecuentes en el cultivo de haba, caracterizándose



por presentarse en épocas húmedas, afectando mayormente las hojas y en menor medida los tallos, desde la base de la planta hacia la parte joven. Temperaturas entre 18 y 20 °C y una humedad relativa entre 90 y 100% favorece el desarrollo del patógeno.

A pesar de que el haba y la remolacha forrajera presentaran las mayores incidencias de plagas y enfermedades, fueron las especies con mayores rendimientos y características nutricionales.

### 6.2.3 Variables productivas

**Tabla 5.** Promedio de variables productivas evaluadas en diez cultivos forrajeros en el Centro de Investigación Obonuco de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA, municipio de Pasto.

Tratamiento	FV	MS
	(t ha <sup>-1</sup> )	
Maíz Ica V 305	65,33 <sup>abc</sup>	9,46 <sup>ab</sup>
Avena cayuse	64,33 <sup>abc</sup>	14,42 <sup>a</sup>
Remolacha forrajera	86,33 <sup>a</sup>	14,35 <sup>a</sup>
Rábano forrajero	72,10 <sup>ab</sup>	10,22 <sup>ab</sup>
Pasto brasilero	60,60 <sup>bc</sup>	9,77 <sup>ab</sup>
Haba roja	11,45 <sup>e</sup>	2,38 <sup>c</sup>
Haba común	31,56 <sup>de</sup>	6,53 <sup>bc</sup>
Haba alpargata	46,22 <sup>cd</sup>	9,28 <sup>b</sup>
Alfalfa moapa	-	-
Alfalfa 10-10	-	-

<sup>a-b-c-d</sup> Letras diferentes entre columnas indican diferencia estadística significativa (p<0.05). FV: Forraje Verde, MS: Materia Seca. (-) no se obtuvieron datos porque los cultivos no se desarrollaron satisfactoriamente.

Se observó mayor rendimiento promedio de FV para la remolacha forrajera, seguido de rábano forrajero y maíz ( $86,33 \pm 5,12$ ;  $72,10 \pm 5,12$  y  $65,33 \pm 5,12$  t ha<sup>-1</sup>, respectivamente); por el contrario, el mayor rendimiento de MS lo presentó la avena cayuse, seguido de la remolacha forrajera y rábano forrajero ( $14,42 \pm 1,01$ ;  $14,35 \pm 1,01$  y  $10,22 \pm 1,01$  t ha<sup>-1</sup>, respectivamente). El haba roja presentó el menor rendimiento de FV y MS ( $11,45 \pm 5,12$  y  $2,38 \pm 1,01$  t ha<sup>-1</sup>) ( $p < 0,05$ ) (Tabla 4).

#### **6.2.4 Rendimiento de forraje verde y materia seca**

La remolacha forrajera superó los rendimientos a la mayoría de los cultivos de granos, ya que obtuvo los mayores rendimientos en FV, resultados que coinciden con otros estudios (Hoffmann et al., 2009; Evans y Messerschmidt, 2017). Este rendimiento se debe probablemente al hecho de que es un cultivo que no tiene etapas de crecimiento susceptibles a condiciones ambientales desfavorables como la floración y el llenado de granos que son muy importantes en el rendimiento final de éstos (Hoffmann et al., 2009).

Por el contrario, el rendimiento de MS de esta misma especie, con una densidad de 10 plantas m<sup>-2</sup>, fue inferior al reportado por Edwards et al., (2014), quienes obtuvieron rendimientos para este cultivo de 18,5 y 21,8 t ha<sup>-1</sup> de MS, para densidades de 6 y 10 plantas m<sup>-2</sup>, respectivamente. A pesar de estos buenos rendimientos en la remolacha forrajera, una de las preocupaciones de la alimentación de rumiantes es el bajo contenido de MS, por esta razón se implementa la mezcla con otros forrajes para la elaboración de ensilajes (Evans y Messerschmidt, 2017). No obstante, Evans et al. (2016) recomiendan incorporar remolacha hasta un 24% de MS de las dietas de vacas de leche que se encuentren en lactancias medias.

La avena cayuse obtuvo el mayor rendimiento de MS, siendo inferior en 15,26 t ha<sup>-1</sup> a lo reportado por Argote y Halanoca (2007) 29,68 t ha<sup>-1</sup> de MS y superior a los encontrados por Bolaños et al., (2003) para la variedad Obonuco avenar y avena cayuse (7,0 y 6,62 t ha<sup>-1</sup> de MS, respectivamente); sin embargo, estos últimos autores justifican que el mejor rendimiento obtenido en Obonuco avenar se atribuye a su precocidad, debido a que presenta un tiempo de cosecha menor en 50 días a la avena cayuse, además es moderadamente resistente a plagas y enfermedades, lo que ocasiona una disminución en los costos de producción.

Las tres variedades de haba presentaron una gran variación en el rendimiento de FV y MS. Aruta (2011) evaluó tres densidades de siembra en el cultivo de haba (20, 30 y 40 plantas m<sup>-2</sup>), donde obtuvo rendimientos promedios de 40, 45,6 y 49,7 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente; rendimientos superiores a los obtenidos para haba roja, la variedad que presentó menor rendimiento de FV y MS con una densidad de siembra de 6 plantas m<sup>-2</sup>. A pesar de que la densidad de siempre fue mayor a la reportada por Pichardo et al. (2013), el rendimiento de MS de haba roja fue menor en este trabajo, ya que estos autores reportan un promedio de 4,54 t ha<sup>-1</sup> de MS en catorce cultivares de haba con una densidad de siembra de 4,3 plantas m<sup>-2</sup>, igualmente fue menor a los reportados por Aruta (2011), quién obtuvo 7,1, 8,0 y 8,8 t ha<sup>-1</sup> de MS, para densidades mayores (20, 30 y 40 plantas m<sup>-2</sup> respectivamente).

Martínez et al. (2005a) obtuvieron rendimientos similares a los anteriores para haba en monocultivo (7,7 t ha<sup>-1</sup> de MS), afirmando que es alto porque este sistema de siembra presenta mayor ramificación de tallos por metro cuadrado, sumado a esto, las diferencias entre rendimientos también se pueden relacionar a factores climáticos, de suelo, manejo agronómico y mayormente a la variedad utilizada.

De igual forma, Baizán et al., (2015), afirman que el cultivo de haba en monocultivo o en asocio obtiene buenos rendimientos. Ellos reportan rendimientos de haba asociada con raigrás italiano, haba asociada con nabo francés y raigrás en

monocultivo de 6,3, 7,4, 5,8 y 7,8 t ha<sup>-1</sup> de MS respectivamente. Éstos no difirieron significativamente entre ellos, pero el rendimiento del raigrás en monocultivo fue obtenido de dos cortes, por el contrario, el haba en monocultivo y en asocio se le realizó un solo corte, con la ventaja que no hubo la necesidad de incorporar fertilizante nitrogenado, debido principalmente al incremento de fertilidad en el suelo (Doltra y Olesen, 2013; Martínez et al., 2017).

### **6.3 Variables de calidad nutricional**

Las variables nutricionales presentaron diferencia estadística significativa ( $p < 0,05$ ) entre los diez tratamientos (Tabla 5).

El mayor contenido promedio de PC, HEM, DIG y EN<sub>L</sub> lo presentó la remolacha forrajera (17,39±1,16%; 27,68±0,74%; 69,25±1,12%; 1,43±0,25 Mcal kg<sup>-1</sup> MS respectivamente). Por el contrario, el maíz ICA V 305 presentó el mayor contenido promedio de FDN, FDA y LIG (61,59±1,33%; 34,14±0,91%; 8,17±0,29%, respectivamente). En contraste, el maíz ICA V 305 presentó el menor contenido promedio de PC, DIG y EN<sub>L</sub> (6,92±1,16%, 54,28±1,12 y 1,09±0,25 Mcal kg<sup>-1</sup> MS, respectivamente). Para la remolacha forrajera fueron menores los contenidos de FDN, FDA y LIG (40,79±1,33%; 13,11±0,91%; 2,70±0,29%, respectivamente) y el rábano forrajero menor HEM (16,01±0,74).

**Tabla 6.** Promedio de variables nutricionales evaluadas en diez cultivos forrajeros en el Centro de Investigación Obonuco de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA, municipio de Pasto.

Tratamiento	PC	FDN	FDA	LIG	HEM	DIG	ENL
	(%)						(Mcal kg <sup>-1</sup> MS)
Maíz Ica V 305	6,92 <sup>d</sup>	61,59 <sup>a</sup>	34,14 <sup>d</sup>	8,17 <sup>d</sup>	27,45 <sup>a</sup>	54,28 <sup>d</sup>	1,09 <sup>d</sup>
Avena cayuse	7,30 <sup>cd</sup>	58,12 <sup>a</sup>	31,81 <sup>cd</sup>	6,53 <sup>bc</sup>	26,30 <sup>a</sup>	55,32 <sup>d</sup>	1,12 <sup>d</sup>
Remolacha forrajera	17,39 <sup>a</sup>	40,79 <sup>c</sup>	13,11 <sup>a</sup>	2,70 <sup>a</sup>	27,68 <sup>a</sup>	69,25 <sup>a</sup>	1,43 <sup>a</sup>
Rábano forrajero	12,97 <sup>abc</sup>	42,71 <sup>bc</sup>	26,69 <sup>b</sup>	5,83 <sup>bc</sup>	16,01 <sup>c</sup>	61,46 <sup>bc</sup>	1,25 <sup>bc</sup>
Pasto brasileiro	11,92 <sup>abcd</sup>	58,91 <sup>a</sup>	31,86 <sup>cd</sup>	6,81 <sup>cd</sup>	27,05 <sup>a</sup>	58,99 <sup>bcd</sup>	1,20 <sup>bcd</sup>
Haba roja	9,43 <sup>bcd</sup>	43,59 <sup>bc</sup>	25,16 <sup>b</sup>	5,09 <sup>b</sup>	18,43 <sup>bc</sup>	59,12 <sup>bcd</sup>	1,20 <sup>bcd</sup>
Haba común	7,48 <sup>cd</sup>	49,13 <sup>b</sup>	28,98 <sup>bc</sup>	6,24 <sup>bc</sup>	20,15 <sup>b</sup>	56,35 <sup>cd</sup>	1,14 <sup>cd</sup>
Haba alpargata	14,24 <sup>ab</sup>	43,38 <sup>bc</sup>	26,93 <sup>b</sup>	6,49 <sup>bc</sup>	16,45 <sup>bc</sup>	62,40 <sup>b</sup>	1,27 <sup>b</sup>
Alfalfa moapa	-	-	-	-	-	-	-
Alfalfa 10-10	-	-	-	-	-	-	-

<sup>a-b-c-d</sup> Letras diferentes entre columnas indican diferencia estadística significativa ( $p < 0.05$ ). Proteína Cruda (PC), Fibra Detergente Neutro (FDN), Fibra Detergente Acido (FDA), Lignina (LIG), Hemicelulosa (HEM), Digestibilidad de la materia seca (DIG), Energía Neta de Lactancia (ENL). (-) no se obtuvieron datos porque los cultivos no se desarrollaron satisfactoriamente.

### 6.3.1 Proteína cruda

El mayor contenido de PC se observó en la remolacha forrajera, valor que se considera alto teniendo en cuenta que es una especie con raíces altas en energía; aunque posee un alto contenido de PC en sus hojas, lo que mejora la calidad nutricional al momento de cosechar la planta completa (hoja, tallo, bulbo) (Reta et al., 2008; Biondo et al., 2014). Sin embargo, los valores de PC (Tabla 5), son inferiores a los obtenidos por Reta et al., (2008), quienes reportan para planta completa (26,7 %), parte aérea (28,1 %) y raíz (23 %), estas diferencias pueden estar relacionadas con los días a cosecha, debido a que en el anterior trabajo se cosechó a los 104 días, mientras que en el presente estudio fue a los 140 días. Por el contrario, el maíz ICA V 305 presentó el menor contenido de PC. En un estudio realizado en el pacífico colombiano por Martínez et al., (2016) con la variedad de maíz chococito, obtuvieron casi un 50 % más de PC (11,95 %), esta diferencia se debe posiblemente a las condiciones climáticas, este estudio se realizó en un clima frío seco a 2905 msnm y el pacífico colombiano se caracteriza por ser cálido y húmedo ubicado a 43 msnm, teniendo mejores condiciones para su desarrollo (Martínez et al., 2016). Ospina, (2015) confirma lo anterior, aclara que el maíz se desarrolla desde 0 a 4.000 m.s.n.m., pero a alturas mayores de 2.000 m.s.n.m. se incrementa significativamente el ciclo o periodo vegetativo.

Por otro lado, Moreno et al., (2017) obtuvieron porcentajes de PC para el cultivo de maíz con fertilización orgánica e inorgánica de 9,6 % y 8,6 %, respectivamente, siendo el porcentaje de fertilización inorgánica más cercano al obtenido en este estudio. El mayor porcentaje con fertilización orgánica se relaciona a que es una fuente de nutrientes de liberación lenta y de mayor disponibilidad para la planta (Mulet del Pozo et al., 2008; Domínguez et al., 2010). Igualmente, Shi et al., (2014) y González et al., (2017), reportan porcentajes similares a los de la fertilización orgánica (9,8 % y 9,73 %, respectivamente).

Debido a que el cultivo de maíz generalmente tiene un mejor rendimiento y precocidad en zonas cálidas, la avena forrajera se ha convertido en una buena alternativa para la elaboración de ensilajes en el trópico alto, siendo la variedad avena cayuse una de la más comúnmente empleada por los productores (Arreaza et al., 2012); por esta razón, se incorporó en este estudio, la cual presentó porcentajes bajos de PC. Esto es debido posiblemente a que esta variedad presenta baja adaptación, como lo demuestra un estudio realizado en el trópico alto de Nariño por Bolaños et al., (2003), quienes reportan un contenido de PC para la variedad Obonuco Avenar y avena cayuse de 9,11 % y 8,25 %, respectivamente. De igual forma, Ayud et al., (2011) y Hameed et al. (2014) obtuvieron un promedio mayor en siembra al voleo (7,62 % y 9,09 % respectivamente). Sin embargo, Hameed et al. (2014) obtuvieron mejores rendimientos y características nutricionales en siembra en surcos a 20 cm, debido a un mejor desarrollo por menos competencia entre plantas por nutrientes y radiación solar.

Con la idea de tener variabilidad en la oferta forrajera, se ha venido explorando nuevas especies proteicas y energéticas, como es el caso del haba, que usualmente se cultiva en el departamento de Nariño para la alimentación humano por su alto contenido de proteína (FAO, 2011). El haba alpargata presentó el segundo contenido más alto de PC. Sin embargo, es un contenido bajo para lo esperado en una leguminosa como lo afirman Martínez et al. (2005b), quienes encontraron un promedio de 15,5 % para 10 variedades de haba. Igualmente, otros autores reportan en monocultivo valores cercanos a éste, 18,9 %, 17,8 % y 16,73 % (Martínez et al., 2005a; De la Roza et al., 2008; Baizán et al., 2015 respectivamente). El bajo contenido de PC en esta leguminosa se puede relacionar al alto contenido de agua en estado de vaina con grano como fue cosechado en este estudio, lo que genera pérdidas elevadas de jugos en el momento del corte, por consiguiente, pérdida de nutrientes (Martínez et al., 2005a; De la Roza et al., 2008). El mayor contenido de PC en esta especie se produce en la etapa de floración (Martínez et al., 2017). Pese

al bajo contenido de PC presentado en la planta completa del cultivo de haba, existe la gran ventaja de que no necesita un cultivo de cereal como tutor para su desarrollo como si lo necesitan otras leguminosas, debido a que es de porte erguido (De la Roza et al., 2008).

Según la clasificación de Núñez et al. (2009), de acuerdo con el contenido de PC la mayoría de las especies evaluadas, se encuentran entre una clasificación mala (8-12 %) y regular (12 – 15 %), aunque la remolacha forrajera y el haba alpargata se clasifican como buenos. Sin embargo, las especies fueron iguales o superiores a 7%, lo que pueden garantizar nitrógeno suficiente para una fermentación microbiana efectiva en el rumen (Oramas y Vivas, 2007).

### **6.3.2 Fibra detergente neutro y fibra detergente ácido**

El cultivo del maíz Ica V 305 presentó los valores más altos de FDN y FDA, siendo superiores a los reportados por Reta et al., (2010) para primavera y verano (48,8 %; 29,1 % y 56,1 %; 34,6 %, respectivamente). En lo anterior se puede observar el efecto del clima en la calidad de los forrajes, ya que en el verano se presenta un mayor porcentaje de FDN referente al aumento en el contenido de la pared celular, generando disminución de la calidad del forraje (Mamani, 2016). De igual forma, fueron superiores a los encontrados por Moreno et al. (2017), para FDN y FDA con fertilización orgánica e inorgánica de 53,5 %; 35,9 % y 42,6 %; 27,2 %, respectivamente, cosechado a los 112 días, en comparación con los 235 días en promedio para este estudio, lo que pudo generar los mayores contenidos de fibra. Esta diferencia en el ciclo productivo se relaciona principalmente a la altura sobre el nivel del mar (Moreno et al., 2017), ya que este estudio presentó una altura promedio de 2905 msnm y en la del estudio anteriormente nombrado fue de 1100 msnm.



De acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio de FDN y FDA en el cultivo de maíz, se puede afirmar que no se obtuvo un forraje de buena calidad, debido a que se encuentran por encima de los valores reportados por Olague et al. (2006), quienes establecen que el maíz con una alta calidad de forraje debería tener porcentaje de 54,41 % y 28,56 %, respectivamente. Además, Zamora et al. (2016) determinan que los forrajes de baja calidad tienen valores superiores al 60 % y 35 %, respectivamente, siendo este cultivo el único con un porcentaje de FDN superior al anterior, pero los demás cultivos con valores inferiores de FDA.

Los altos niveles de FDN están generalmente asociados con bajos niveles de consumo de alimento por el animal (Salmerón et al., 2003), ya que la fibra es un compuesto de gran relevancia en la dieta de los rumiantes, debido a que juega un papel importante en el mantenimiento del pH ruminal, estimula la rumia, la cual es imprescindible para la producción de saliva, sustancia que actúa como neutralizante a nivel de rumen, evitando la reducción del pH debido a la producción de ácidos generados por los procesos de fermentación en el rumen. Los forrajes más toscos generan una mayor rumia y por lo tanto un mayor contenido de grasa en leche, por esta razón se sugiere que la dieta de los rumiantes presente un mínimo de 28% de FDN (Ramos et al., 1998).

La remolacha forrajera presentó los contenidos más bajos de FDN y FDA (Tabla 5). Al comparar el porcentaje de FDN con el reportado por Reta et al., (2008), fue superior (31,7 %), quienes obtuvieron este porcentaje con temperaturas promedio que incrementaron de 15 a 23 °C entre emergencia y la cosecha. Este aumento de temperatura disminuyó el ciclo productivo de 105 a 73 días, a diferencia del presente estudio, en el cual la cosecha se realizó a los 140 días con una temperatura promedio de 12 °C. Según lo anterior, se puede considerar que a mayor temperatura se puede obtener un desarrollo acelerado del cultivo de la remolacha forrajera, logrando varias cosechas al año. Silva et al. (2011) afirman que el desarrollo de las raíces se ve favorecido a una temperatura entre 15 y 23 °C, mientras que las hojas

entre 20 y 30 °C. Por el contrario, el porcentaje de FDA obtenido fue inferior al reportado por Reta et al. (2008), quienes encontraron 20,5 % a los 73 días de cosecha, con una diferencia de 67 días con respecto al presente estudio. Esto difiere de lo que afirma Mamani (2016), quien define que el contenido de FDN al igual que el de FDA, está dado por la maduración de los forrajes, mientras mayor madurez, mayor contenido de estos componentes. El contenido de FDA en remolacha forrajera se encuentra por debajo del 18%, contenido recomendado como mínimo para mantener un adecuado porcentaje de grasa en leche, ya que al aumentar el contenido de fibra en la ración puede afectar negativamente el consumo voluntario y por lo tanto reducir la producción de leche (Ramos et al., 1998). Esto coincide con Gallegos et al., (2012), quienes afirman que para que los cultivos forrajeros se consideren de calidad, es necesario que tengan valores de FDA inferiores al 28%, valor que es superado por la gran mayoría de los forrajes evaluados, excepto la remolacha forrajera, rábano forrajero, haba roja y haba alpargata. El alto contenido de FDA puede reducir la ingesta de la MS, debido al mayor contenido de componentes de la pared celular (Castillo et al., 2009).

De acuerdo con el porcentaje de FDN, las especies evaluadas en este estudio se encuentran entre buenos, regulares y malos, pero la remolacha forrajera, el rábano forrajero, el haba roja y el haba alpargata se clasifican como buenos tendiendo a excelente (Núñez et al., 2009).

### **6.3.3 Lignina y hemicelulosa**

El maíz ICA V 305, al presentar los mayores contenidos de FDN y FDA, también presentó los mayores contenidos de LIG, sin embargo, fue menor a los reportados por Ruiz et al., (2006), quienes reportan un promedio de LIG de 15,36 % para siete híbridos, diferencias relacionadas principalmente al ciclo productivo, a los factores

ambientales, características físicas (relación hoja – tallo) y genéticas (Núñez et al., 2006; Ruiz et al., 2006), debido a que donde se estableció el ensayo se registró una altitud, temperatura y pluviosidad de 2905 msnm, 12 °C y 1100 mm respectivamente, en comparación con el anterior estudio, en el cual registraron promedios de 2020 msnm, 13,6 °C y 449 mm respectivamente. El menor contenido de LIG lo presentó la remolacha forrajera, siendo inferior al reportado por Reta et al. (2008), quienes encontraron un contenido de LIG del 4,1 %.

La remolacha forrajera presentó el contenido más alto de HEM, superior a los reportado por Reta et al., (2008), quienes encontraron valores de 11,2 % a los 104 días de cosecha. Esta diferencia se puede atribuir a la diferencia en el tiempo de cosecha, en el presente trabajo se realizó a los 140 días.

El rábano forrajero obtuvo el más bajo contenido de HEM, inferior a los estudios realizados por Apráez et al. (2012) y Ulrich (2018), quienes encontraron contenidos de HEM de 25% y 24,26% respectivamente, debido a que los porcentajes de FDN igualmente fueron mayores (52,4 y 53,25% respectivamente) a los obtenidos en el presente trabajo.

#### **6.3.4 Digestibilidad**

La remolacha forrajera presentó los mayores porcentajes de DIG, esto se ve relacionado con el contenido de azúcar, a la cual se le estima una digestibilidad cercana a la totalidad, por lo tanto, se esperaría que sea muy alta (Lanzas et al., 2007; Evans and Messerschmidt, 2017). Además, esta digestibilidad se ve relacionada con que los rumiantes prefieren los forrajes y suplementos dulces (Provenza, 1995; Forbes, 2007), reflejándose en un consumo casi completo de 99,6% (Edwards et al., 2014). Es de anotar, que la FDA es uno de los compuestos más relacionado con la digestibilidad de los forrajes porque está constituida por

celulosa, lignina y proteínas (Castillo et al., 2009). La alimentación con dietas altas en azúcar aumenta la ingesta de MS, la digestibilidad de la fibra y el rendimiento de grasa de la leche. Estas características nutricionales pueden permitirnos utilizar alimentos con alto contenido de azúcar como fuente de energía alternativa para las vacas lecheras, contribuyendo a aumentar la densidad energética de la dieta con un riesgo reducido de acidosis del rumen (Broderick y Radloff, 2004; Broderick et al., 2008; Oba, 2011).

La avena cayuse fue la especie con la más baja DIG e igualmente fue inferior a los promedios en la literatura, de 57,7 % (Kafilzadeh y Heidary, 2013) y 66,48 % (Mamani, 2016). Estas diferencias se relacionan principalmente al contenido de FDN y FDA de los forrajes y al material genético (Castillo et al., 2009; Mamani, 2016).

El indicador de la digestibilidad del alimento es igual de importante que la composición del alimento. Un alto porcentaje de digestibilidad aumenta la cantidad de nutrientes en el organismo de un animal, proporcionando así un alto nivel de productividad general (Osmane et al., 2017). La remolacha forrajera se considera como forraje de calidad regular porque presentó una DIG entre 65 y 70% (Núñez et al., 2009). Por el contrario, el maíz forrajero y avena cayuse fueron las especies de más baja DIG, debido a los altos contenidos de FDN y FDA, por esta razón se consideran como forrajes de calidad mala, ya que presentaron valores menores a 65%.

### **6.3.5 Energía neta de lactancia**

La remolacha forrajera presentó el mayor aporte de EN<sub>L</sub>, superior en 0,23 Mcal kg<sup>-1</sup> MS a la reportada por Reta et al. (2008), esto debido posiblemente a los altos porcentajes de PC, HEM y DIG. Schwab et al. (2003) y Núñez et al. (2006) afirman

que la EN<sub>L</sub> es uno de los componentes de mayor importancia en la calidad nutricional de los forrajes, la cual está dada por las concentraciones de proteína cruda, fibra detergente neutro, carbohidratos no fibrosos y de la digestibilidad. Por esta razón, los forrajes con variaciones en el contenido de los componentes anteriormente descritos se ven reflejados en el contenido de energía.

A pesar de la gran importancia de la energía en los alimentos, el alto contenido de ésta no es tan favorable, porque según Apráez et al. (2012), Evans y Messerschmidt (2017), la remolacha forrajera aumenta la fermentación en rumen incrementando la producción de metano, resultando en una menor energía disponible para el animal. Además, el consumo de materia seca es limitado por el alto contenido de agua (Evans et al., 2016; Yarza, 1970).

Generalmente la remolacha forrajera no es una fuente común de energía como los granos para la alimentación de vacas de leche a pesar de sus aparentes virtudes agronómicas y económicas, tiene una baja aceptación de los animales, que puede deberse en parte a la falta de familiaridad por parte de los ganaderos, así como algunos de los requisitos especiales de manejo (Evans y Messerschmidt, 2017).

Por el contrario, el maíz forrajero obtuvo el menor contenido de EN<sub>L</sub> (Tabla 5), siendo similar al obtenido por Moreno et al. (2017) para fertilización orgánica e inorgánica (0,98 y 1,05 Mcal kg<sup>-1</sup> MS respectivamente), a pesar de que el contenido de PC fue inferior al del presente estudio (9,6% y 8,6% respectivamente). El maíz evaluado en este trabajo se considera de baja calidad, ya que se encuentra por debajo de 1,22 Mcal kg<sup>-1</sup> MS (Olague et al., 2006).

En este parámetro, la mayoría de las especies evaluadas en este estudio fueron buenos y regulares de acuerdo con la clasificación de Núñez et al. (2009).

#### **6.4 Objetivo específico 2: Determinación de la producción y calidad composicional de la leche en vacas suplementadas con dos fuentes alternativas de forrajes.**

De acuerdo con los resultados obtenidos en el objetivo uno, se seleccionaron el haba alpargata y la remolacha forrajera, por su bajo contenido de fibra y alto rendimiento de FV, PC, DIG y ENL (Tabla 3). Estos componentes se consideran de gran importancia en la alimentación de los rumiantes productores de leche.

##### **6.4.1 Calidad nutricional del ensilaje**

En la Tabla 6 se observa la calidad nutricional de ensilaje de las dos especies seleccionadas (haba alpargata y remolacha forrajera). No se observaron variaciones significativas en los componentes al compararse con el forraje verde, lo cual indica que hubo un excelente proceso de elaboración y fermentación que certifica la eficiencia de las bacterias ácido lácticas y otras encargadas del proceso de fermentación (Villa et al., 2010).

**Tabla 7.** Promedios de variables nutricionales de ensilaje de haba alpargata y remolacha forrajera en el Centro de Investigación Obonuco de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA, municipio de Pasto.

	<b>MS</b>	<b>PC</b>	<b>FDN</b>	<b>FDA</b>	<b>LIG</b>	<b>HEM</b>	<b>DIG</b>	<b>ENL</b>
<b>Especie</b>	<b>%</b>							<b>(Mcal kg<sup>-1</sup> MS)</b>
Haba alpargata	24,07	13,52	40,02	7,04	3,50	32,98	68,07	1,41
Remolacha forrajera	14,75	17,69	38,67	5,99	6,43	32,69	71,72	1,49

Materia Seca (MS), Proteína Cruda (PC), Fibra Detergente Neutro (FDN), Fibra Detergente Acido (FDA), Lignina (LIG), Hemicelulosa (HEM), Digestibilidad de la materia seca (DIG), Energía Neta de Lactancia (ENL).

#### 6.4.1.1 Ensilaje de haba alpargata

El ensilado de leguminosas grano puede ser un método económico y ecológicamente interesante para producir un alimento rico en proteínas de origen local (Gefrom et al., 2013). La haba forrajera es utilizada para la alimentación del ganado, porque se caracteriza por su buena calidad en forraje verde (FV), debido a que contiene entre 14 % y 20 % de PC y, por su baja capacidad tampón y alto contenido de azúcares, se considera con buenos atributos para ensilar a diferencia de la mayoría de las leguminosas (Martínez et al., 2017).

Gefrom et al. (2013) reportan para ensilaje de haba, con 2 % de melaza, contenidos de PC 28,3 % y ENL de 3,18 Mcal kg<sup>-1</sup> MS, mayores a los encontrados en este trabajo, al cual se le añadió también melaza (3 %), pero la diferencia es que los anteriores reportes son de ensilaje de vaina con grano de haba en estado verde;

por el contrario, en este trabajo se ensiló la parte aérea de la planta (vaina, hoja y tallo). Martínez et al., (2005a), al igual que este estudio, ensiló la parte aérea, obteniendo una PC similar (15,6 %), pero mayor FDN (59,8 %). Este mismo autor obtuvo una disminución del porcentaje de PC de forraje verde a ensilaje, lo cual lo justifican por el proceso de ensilaje, ya que en el transporte en los remolques observaron escorrentía de líquido y liberación de efluentes en el silo. En nuestro caso se observó pérdida de líquidos en el picado del forraje antes de empacarlo a las bolsas de ensilaje. Wyss et al. (2014) afirmaron que, durante la recolección y el ensilado, la fracción de proteína cruda sufre una degradación, lo que altera la disponibilidad de proteínas y el valor nutritivo general de leguminosas.

Por otro lado, Argamentaría et al. (2005) evaluaron el ensilaje de haba en asocio con triticale en tres estados fenológicos de ambas especies, floración/espigado, vainas/grano incipiente y vainas con grano/grano lechoso respectivamente. A medida que avanzó el estado fenológico obtuvieron un incremento de la MS, pero una disminución de la PC y FDN. El estado de vainas con grano/grano lechoso de haba/triticale, respectivamente, fue el mismo estado en el cual se ensiló el haba en este estudio, donde se obtuvo una mayor PC, pero menor MS y FDN (10,7 %, 30,7 % y 53,4 % respectivamente). Esta diferencia se relaciona al asocio entre haba y triticale.

Benaouda et al. (2013) evaluaron el ensilaje de haba en asocio con colza (*Brassica napus*), conocido como nabo forrajero y lo compararon con ensilaje de raigrás italiano. El ensilaje de la asociación de haba con colza presentó mayor MS, PC y FDN (30,05 %, 14,48 % y 63,29 % respectivamente) al compararse con el raigrás italiano (24,20 %, 10,71 % y 47,55 % respectivamente) y con el ensilaje de haba evaluado en este estudio. El contenido de ENL fue mayor en ensilaje de haba de este trabajo al comparar con la asociación de haba + colza (1,27 Mcal kg<sup>-1</sup> MS), pero fue menor al ensilaje de raigrás italiano (1,56 Mcal kg<sup>-1</sup> MS). Así mismo, Jiménez et al. (2017) obtuvieron para el mismo asocio (haba + colza) porcentajes



de MS y PC similares a los de este trabajo (26,10 % y 14,24 % respectivamente), pero un mayor porcentaje de FDN y contenido de energía (65,17 % y 1,87 Mcal kg<sup>-1</sup> MS respectivamente). Estas diferencias se relacionan al asocio entre haba y la colza.

Las leguminosas como el haba presentan buenas características nutricionales, sin embargo, Martínez et al. (2005a) y Borreani et al. (2009), consideran que estos cultivos son inadecuados para ensilaje directo por su porte alto y contenido de humedad, por esto, se recomienda realizar un presecado para evitar pérdidas de MS, mala fermentación y producción de efluentes. Lo anterior es confirmado en el estudio de Flores et al. (2015), quienes obtuvieron una mejor calidad en ensilados presecados que los cosechados por corte directo, alcanzando valores superiores de MS y FDA.

#### **6.4.1.2 Ensilaje de remolacha forrajera**

El ensilaje de remolacha es un alimento energético para el ganado vacuno de leche que se ha propuesto como una posible alternativa al uso del ensilaje de maíz (Beauchemin, 2006). Sin embargo, la sustitución de maíz por remolacha en la alimentación del ganado de leche plantea un problema de la conservación de esta especie, puesto que el contenido de humedad (80 %) de las raíces hace de ellas un producto perecedero (Lardy, 2016; Valdés et al., 2013). Por esta razón, se recomienda realizar la mezcla de remolacha con otras especies como cereales o leguminosas para la elaboración de ensilajes y almacenamiento (Lardy, 2016).

Valdés et al. (2014) reportan contenidos promedios de MS, PC, FDN y FDA para forraje verde (20,13 %, 2,16 %, 10,88 %, 6,04 % respectivamente) y ensilaje (16,45 %, 2,57 %, 13,8 %, 7,41 % respectivamente). Estos valores difieren de los encontrados en este estudio, ya que se presentó menor MS, pero mayor PC, FDN y FDA, debido a que en el trabajo de Valdés et al. (2014) evaluaron estos

componentes en la raíz, pero en este trabajo se evaluó en la planta completa (hoja, tallo y raíz), lo que significa que la hoja proporciona más contenido de los componentes anteriormente mencionados.

El aumento de ENL entre forraje verde y ensilaje de remolacha forrajera difiere de lo reportado por Lauwers et al. (2009), debido a que en su estudio obtuvieron disminución de energía, por la pérdida de efluentes y de materia seca, incluso en bolsas como se realizó en este estudio; por esta razón ellos recomiendan mezclar el ensilaje de remolacha con ensilaje de maíz. En este trabajo, también se observó pérdida de efluentes y de materia seca en la elaboración del ensilaje.

Gerlach et al. (2017) evaluaron la ingesta y preferencia de ensilaje de remolacha en cabras, en el cual obtuvieron una buena aceptación y consumo de éste a medida que se aumentaba el nivel de inclusión. Según Lardy (2016), no existe ninguna limitación de la inclusión de remolacha en la dieta de rumiantes desde su punto de vista nutricional, debido a que contiene una buena cantidad de fibras y no produce acidosis ruminal; sin embargo, generalmente se emplea hasta en un 50% de la ración. Schmidt et al. (2001) indican que el ensilaje de remolacha puede reemplazar dietas con altas cantidades de grano de cereal sin efectos negativos en la fermentación del rumen y el rendimiento de la leche, pero si se puede presentar una leve disminución en el contenido de grasa de la leche.

#### **6.4.2 Producción y calidad de leche**

##### **Suplementación con ensilaje de haba alpargata**

El suministro de ensilaje de haba alpargata influyó ( $p < 0,05$ ) en el porcentaje de proteína, con el mayor nivel de inclusión (8 kg/vaca/día), pero no influyó en la

producción, porcentaje de grasa, sólidos totales en la leche y nitrógeno ureico en leche (Tabla 7).

**Tabla 8.** Promedios de producción y calidad composicional de leche de vacas suplementadas con ensilaje de haba alpargata, en el hato lechero del Centro de Investigación Obonuco de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA, Pasto, Colombia.

<b>Tratamiento (Kg ensilaje/vaca/día)</b>	<b>Leche (L día<sup>-1</sup>)</b>	<b>Grasa</b>	<b>Proteína (%)</b>	<b>Sólidos</b>	<b>MUN (mg dL<sup>-1</sup>)</b>
0	13,61 <sup>a</sup>	4,01 <sup>a</sup>	3,56 <sup>ab</sup>	13,00 <sup>a</sup>	16,21 <sup>a</sup>
4	13,27 <sup>a</sup>	4,08 <sup>a</sup>	3,50 <sup>b</sup>	13,07 <sup>a</sup>	16,93 <sup>a</sup>
8	13,58 <sup>a</sup>	4,04 <sup>a</sup>	3,61 <sup>a</sup>	13,12 <sup>a</sup>	16,15 <sup>a</sup>

<sup>a-b-c</sup> Letras diferentes entre columnas indican diferencia estadística significativa ( $p < 0.05$ )

La soya es la fuente más común y demandada para la alimentación animal en especial de los rumiantes; por esta razón, se han venido evaluando e incluyendo fuentes alternativas de proteína en las dietas para disminuir la importación de ésta (Volpelli et al., 2009, 2010, 2012; Osmane et al., 2017). Entre las posibles alternativas a esta especie, están las leguminosas grano por su rápida degradación en el rumen y la energía fácilmente disponible (Osmane et al., 2017).

Volpelli et al. (2010) y (2012) evaluaron la inclusión de 10 % de hojuelas de haba (cocinadas y secadas previamente) en concentrados para la alimentación de vacas de leche de la raza Holstein como reemplazo de proteína proveniente de soya, sin obtener diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) en producción de leche, grasa, proteína y sólidos totales, pero sí obtuvieron diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) en el contenido de urea. De igual forma, Puhakka et al. (2016) reportaron mayor contenido de urea en dietas en las que empleó harina de haba. Esto es debido al aumento del amoníaco en el rumen por la falta de efecto de la formación de vapores sobre la

degradabilidad de las proteínas de esta fuente (Volpelli et al., 2009). Para el presente estudio, se obtuvo diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) en el porcentaje de proteína en leche, presentado en el mayor nivel de inclusión (8 kg ensilaje/vaca/día).

Mordenti et al. (2007) también evaluaron el reemplazo de soya por un 10 % de haba y 10% de arveja (*Pisum sativum*), obteniendo una reducción en la producción, pero un aumento en el contenido de grasa en la leche que, al compararlo con lo obtenido en este estudio para los tres niveles de inclusión, la dieta de haba + arveja presentó una mayor producción (31,84 L) pero un menor porcentaje de grasa (2,66 %). Cabe resaltar que en este estudio se empleó la raza Kiwi Cross, la cual se caracteriza por su buena composición de leche, pero su producción es menor que la de la raza Holstein (Montgomerie, 2005; Rowarth, 2013) y se suministró ensilaje de haba (planta completa: tallos, hojas, vainas) a diferencia que en los anteriores trabajos se suministró únicamente el grano.

En los tres niveles de inclusión de ensilaje de haba del presente estudio se obtuvieron producciones de leche, porcentajes de grasa y proteína inferiores a 20,48 L, 4,9% y 3,6% respectivamente, las cuales fueron obtenidas por Osmane et al. (2017), quienes incluyeron 1,7 kg día<sup>-1</sup> de frijol de haba por animal. Los resultados de porcentaje de proteína de la anterior investigación coinciden con los de este trabajo, debido a que también reportan diferencia estadística significativa ( $p < 0,05$ ) para este parámetro.

Argamentería et al. (2005) evaluaron el ensilaje de haba en asocio con triticale en tres estados fisiológicos como se describió anteriormente. El estado de vainas con grano y grano lechoso respectivamente presentó una mayor producción y un mayor contenido de grasa, pero una menor proteína (16 L día<sup>-1</sup>, 4,44% y 3,03%) al compararse con los tres niveles de inclusión empleados en este trabajo. Del mismo modo, Benaouda et al. (2013) evaluaron el ensilaje de haba en asocio con colza (*Brassica napus*), obteniendo una producción mayor, pero menores porcentajes de

grasa y proteína (28,42 L, 3,97%, 3,37%, respectivamente). Gran parte de esta diferencia se relaciona con la raza, ya que en los trabajos de Argamentería et al. (2005), Benaouda et al. (2013) emplearon la raza Holstein y en este, cruces con Kiwi Cross (Montgomerie, 2005; Rowarth, 2013).

De acuerdo a lo anterior, el haba es una buena fuente alternativa para la alimentación de rumiantes, por su alto contenido de proteína, bajo contenido de carbohidratos y FDN, además, presenta un valor energético equivalente a las gramíneas (Martínez et al., 2017); sin embargo, Mordenti et al. (2007) y Puhakka et al. (2016) afirman que la incorporación de haba en la dieta reduce la ingesta de materia seca y producción de leche en vacas de la raza Holstein, lo cual se puede asociar a la disminución de la digestibilidad de FDN, dado por la alta cantidad de carbohidratos fácilmente fermentables como el almidón (Puhakka et al., 2016). Por otro lado, Martínez et al. (2017) manifiestan que la inclusión de leguminosas en las raciones de vacas de leche puede facilitar la optimización de la relación entre energía y nitrógeno fermentables, suponiendo una reducción de la síntesis de metano en el rumen y, por tanto, la emisión de este gas de efecto invernadero a la atmósfera, siendo un valor añadido en relación con la sostenibilidad ambiental de los sistemas de producción.

### **Suplementación con ensilaje de remolacha forrajera**

El suministro de ensilaje de remolacha forrajera influyó en el porcentaje de grasa ( $p < 0,05$ ) con el mayor nivel de inclusión (8 kg/vaca/día), pero no influyó en la producción, porcentaje de proteína, sólidos totales en la leche y nitrógeno ureico en leche (Tabla 8).

**Tabla 9.** Promedios de producción y calidad composicional de leche de vacas suplementadas con ensilaje de remolacha forrajera, en el hato lechero del Centro de Investigación Obonuco de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA, municipio de Pasto.

<b>Tratamiento</b> <b>(Kg ensilaje/vaca/día)</b>	<b>Leche</b> <b>(L día<sup>-1</sup>)</b>	<b>Grasa</b>	<b>Proteína</b> <b>(%)</b>	<b>Sólidos</b>	<b>MUN</b> <b>(mg dL<sup>-1</sup>)</b>
0	14,44 <sup>a</sup>	4,06 <sup>b</sup>	3,47 <sup>a</sup>	13,00 <sup>a</sup>	16,57 <sup>a</sup>
4	14,13 <sup>a</sup>	3,96 <sup>b</sup>	3,51 <sup>a</sup>	12,94 <sup>a</sup>	16,37 <sup>a</sup>
8	13,97 <sup>a</sup>	4,26 <sup>a</sup>	3,44 <sup>a</sup>	13,15 <sup>a</sup>	16,88 <sup>a</sup>

<sup>a-b-c</sup> Letras diferentes entre columnas indican diferencia estadística significativa ( $p < 0.05$ )

Sorathiya et al. (2015) incluyeron remolacha fresca en la dieta de búfalos productores de leche, reemplazando el 50% de la dieta. Obtuvieron un leve aumento en la producción de leche, difiriendo en lo encontrado en este trabajo; sin embargo, coincidieron con el leve aumento de grasa en la leche que se presentó con el más alto nivel de inclusión (8 kg/vaca/día). Sorathiya et al. (2015) relacionan el aumento de la producción de leche porque la inclusión de remolacha presentó mayor ingesta de materia por su alta palatabilidad y también lo relacionan por el alto contenido de agua en las raíces.

Ferris et al. (2003) reemplazaron el 30% de ensilaje de pasto por remolacha forrajera fresca. Estos autores afirman que la inclusión de la remolacha forrajera no tuvo un efecto significativo en la producción de leche, pero si en el contenido de proteína en la leche, lo que difiere de este estudio, ya que la grasa fue el componente que presentó diferencia estadística ( $p < 0,05$ ) y no la proteína. Sin embargo, la diferencia en el porcentaje de proteína que se presentó en el trabajo de Ferris et al. (2003) se puede asociar más al uso del concentrado empleado como complemento a la dieta, ya que tuvo un contenido de proteína de 23,4 %.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo difieren de lo encontrado por Voelker y Allen (2003), quienes evaluaron los efectos de las concentraciones crecientes (0 %; 6,1 %; 12,1 % y 24,3 % de materia seca de la dieta) de pulpa de remolacha seca y peletizada con el objetivo de reemplazar el maíz en la dieta. Obtuvieron mayores producciones (36,4; 36,6; 35,9 y 35,4 L día<sup>-1</sup> respectivamente), pero menores contenidos de grasa (3,72 %; 3,84 %; 3,90 % y 3,81 % respectivamente) y proteína en leche (3,21 %; 3,21 %; 3,22 % y 3,10% respectivamente).

La cantidad de grasa y proteína de este estudio fueron similares a los obtenidos por Evans et al. (2016), quienes evaluaron cuatro niveles de inclusión de remolacha fresca (0 %, 8 %, 16 % y 24 % del total de dieta de la materia seca), obteniendo contenidos de grasa entre 4,64 % y 4,72 %, y de proteína entre 3,44 % y 3,54 %, sin diferencia estadística significativa entre ellos. Sin embargo, en los cuatro tratamientos presentaron una mayor producción de litros al día (26,57, 26,03 26,36, 26,36 L día<sup>-1</sup> respectivamente), al compararlo con lo obtenido en este estudio para los tres niveles de inclusión. Es de resaltar que estos autores no obtuvieron diferencia estadística significativa ( $p < 0,05$ ) en ninguno de los parámetros.

La diferencia de producción y calidad composicional de la leche en los anteriores estudios se puede ver reflejada a la raza empleada por Voelker y Allen (2003); Evans et al. (2016) y Ferris et al. (2003), quienes evaluaron estas raciones en vacas Holstein, y en este trabajo se emplearon cruces con Kiwi Cross (Montgomerie, 2005; Rowarth, 2013).

## **7 CONCLUSIONES**

La variable altura y días a cosecha presentaron una gran variación, debido a que las especies evaluadas tienen diferente fenología y hábito de crecimiento. La avena

cayuse presentó el mayor promedio de altura, por el contrario, el cultivo con menos altura fue la remolacha forrajera.

El rábano forrajero fue el cultivo más precoz, seguido de remolacha forrajera y el menos precoz fue el cultivo del maíz ICA V 305. Entre más precoz sea el cultivo, es más favorable debido a que se obtienen más cosechas al año.

La avena cayuse, el rábano forrajero y el pasto brasilero mostraron presencia de insectos con un daño inferior al 1%, el resto de las especies presentaron un daño leve por plagas. Mientras que las tres variedades de haba (roja, común y alpargata) fueron las únicas especies que presentaron un daño leve por enfermedades, representado entre 5% y 20% de plantas afectadas.

La remolacha forrajera presentó el mayor rendimiento de FV, seguido de rábano forrajero y maíz, por el contrario, el mayor rendimiento de MS lo presentó la avena cayuse, seguido de la remolacha forrajera y rábano forrajero. El haba roja presentó el menor rendimiento de FV y MS.

El haba alpargata y la remolacha forrajera presentaron los mayores contenidos de PC, DIG y ENL, por esta razón se eligieron para ser evaluadas en el modelo animal.

No se observaron variaciones drásticas de la calidad nutricional entre forraje verde y ensilaje, lo cual indica que hubo un excelente proceso de elaboración y fermentación que certifica la eficiencia de las bacterias ácido lácticas.

El suministro de ensilaje de haba alpargata aumentó ( $p < 0,05$ ) el porcentaje de proteína en 0,05 %. Por el contrario, el ensilaje de remolacha forrajera aumentó ( $p < 0,05$ ) el porcentaje de grasa en la leche en 0,20 %. Siendo 8 kg/vaca/día la dosis que presentó mayor porcentaje en estos dos componentes. El suministro de ensilaje de estas dos especies no influyó en la producción, sólidos totales y nitrógeno ureico en leche.



El haba alpargata y remolacha forrajera son una gran alternativa de suplementación para los sistemas de producción de leche del trópico alto de Nariño, permitiendo disminuir el efecto de la estacionalidad y el reemplazo de fuentes comunes utilizadas para la alimentación de rumiantes.

## **8 RECOMENDACIONES**

Evaluar la adaptación y la inclusión de estas especies en otros sistemas de producción de leche del trópico alto colombiano.

Evaluar otros niveles de inclusión de ensilaje de haba alpargata y remolacha forrajera.

Evaluar la inclusión de ensilaje de haba alpargata y remolacha forrajera en dietas totalmente mezcladas (TMR).

Evaluar la calidad de los ensilajes de haba alpargata y remolacha forrajera.

## **9 BIBLIOGRAFÍA**

Alvarado J., Ávila E., Camarillo M., Ochoa X., y Zamarripa A. 2011. Producción de remolacha azucarera en el Valle de Mexicali, B.C. Mexicali, Baja California.

Anderson V., Engel C., Ostlie M., Tebow J., and Bernardson D. 2015. Beets as feed for growing and finishing steers. North Dakota Beef Rep. 4–7.

AOAC. AOAC Official method 972.16 Milk. Mid-infrared spectroscopic method, in Official Methods of Analysis of AOAC International, AOAC. 2005

Apráez J., Delgado J., y Narváez J. 2012. Composición nutricional, degradación

- in vitro y potencial de producción de gas, de herbáceas, arbóreas y arbustivas encontradas en el trópico alto de Nariño. *Livest. Res. Rural Dev.* 24, 1–11.
- Argamentaría A., Cueto M., De la Roza B., Vicente F., y Fernández, M. 2005. Evaluación de la ingestión voluntaria, digestibilidad in vivo y respuesta en producción y calidad de la leche, del ensilado de triticale/haboncillos según momento de corte. *Prod. agroganaderas Gestión Efic. y Conserv. del medio Nat.* 1, 169–174.
- Argote G., y Halanoca M. 2007. Evaluación y selección de gramíneas forrajeras tolerantes a condiciones climáticas del altiplano de Puno. *APPA - ALPA* 1–5.
- Ariza O., Mayorga O., Mojica B., Parra D., and Afanador G. 2017. Use of LOCAL algorithm with near infrared spectroscopy in forage resources for grazing systems in Colombia. *J. Near Infrared Spectrosc.* 26, 44–52. <https://doi.org/10.1177/0967033517746900>
- Arreaza L. 2004. Utilización del sistema CNCPS como herramienta de soporte para la investigación en forrajes tropicales. Bogotá.
- Arreaza L., Amado G., Londoño C., Sánchez L., Ballesteros D., y Herrera, J. 2012. Recomendaciones para fabricación de ensilajes con cereales en climas fríos. Bogotá. Tibaitatá (Cundinamarca): CORPOICA, 2012. 18 p
- Arteaga S. 2009. Elaboración de un bloque multinutricional a partir de los subproductos generados por la industria panelera, destinado para la alimentación de ganado bovino productor de carne, en el municipio de Sandoná - Nariño. *Tesis pregrado Ingeniería AgroIndustrial*, Facultad de Ingeniería Agroindustrial. Universidad de Nariño 99 p.
- Aruta, M. 2011. Evaluación agronomica de la densidad de siembra en habas de crecimiento determinado (*Vicia faba* L. var. major), *Tesis de pregrado Escuela de agronomía*, Facultad de Ciencias Agrarias, Valdivia, Región de Los Ríos 53 p. Universidad Austral de Chile.
- Ayub M., Shehzad M., Nadeem M., Pervez M., Naeem M., and Sarwar N. 2011. Comparative study on forage yield and quality of different oat (*Avena sativa* L.)

- varieties under agro- ecological conditions of Faisalabad , Pakistan. African J. Agric. Res. 6, 3388–3391. <https://doi.org/10.5897/AJAR11.411>
- Baizán S., Mainar F., González M., González C., De la Roza B., y Soldado A., Martínez A. 2015. Alternativas forrajeras sostenibles como cultivo invernal en zonas templadas. Pastos 45, 23–32.
- Beauchemin K. 2006. Use of sugar beet silage in feedlot cattle diets. Canadian Journal of Animal Science, 2006, 86(1): 129-133, <https://doi.org/10.4141/A05-074>
- Benaouda M., Martínez A., Soldado A., y Vicente F. 2013. Efecto de la asociación forrajera haba-colza como alternativa al raigrás italiano en la alimentación de vacas frisonas durante el período de transición. Asoc. Interprofesional para el Desarro. Agrar. 1, 291–293.
- Benavidez J., y Sánchez, L. 2010. Ensilaje de afrecho de cervecería en sistemas de producción lechera de la Sabana de Bogotá. Rev. Corpoica - Cienc. y Tecnol. Agropecu. 11, 165–172.
- Bernal J., y Moreno G. 1979. Pastos para corte y pastoreo, 54th ed. Bogotá.
- Betancourt J., Cuastumal H., Rodríguez S., Navia J., e Insuasty, E. 2012. Alimentación de vacas holstein con suplemento de papa de desperdicio (*Solanum tuberosum*) y acacia negra (*Acacia decurrens*), y su efecto en la calidad de leche. Rev. Investig. Pecu. 1, 41–51.
- Bilal M., Ayub M., Tariq M., Tahir M., y Nadeem, M., 2017. Dry matter yield and forage quality traits of oat (*Avena sativa* L.) under integrative use of microbial and synthetic source of nitrogen. J. Saudi Soc. Agric. Sci. 16, 236–241. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2015.08.002>
- Biondo F., Boeing J., Barizao E., Souza N., Matsushita M., Oliveira C., Boroski M., and Visentainer J. 2014. Evaluation of beetroot (*Beta vulgaris* L.) leaves during its developmental stages: a chemical composition study. Food Sci. Technol. 34, 94–101.
- Bohórquez N., Buitrago A., Joya M., Montaña X., y Rivera, H. 2012. Análisis

estructural de sectores estratégicos : sector productos lácteos. Bogotá. Editorial Universidad del Rosario. 50 p. (Documento de Investigación; 135) ISSN: 0124-8219

- Bolaños A., Arcila B., Apráez J., y Moncayo O. 2003. Boletín Técnico N°2. Obonuco Avenar. Nueva variedad mejorada de avena forrajera para la alimentación de bovinos de los sistemas de producción del altiplano de Nariño. Código 2.2.20.05.32.03. Corpoica, Universidad de Nariño, Ministerio de agricultura y desarrollo rural.
- Borreani G., Revello A., Colombini S., Odoardi M., Paoletti R., and Tabacco E. 2009. Fermentative profiles of field pea (*Pisum sativum*), faba bean (*Vicia faba*) and white lupin (*Lupinus albus*) silages as affected by wilting and inoculation. *Anim. Feed Sci. Technol.* 151, 316–323. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2009.01.020>
- Broderick G., Luchini N., Reynal S., Varga G., and Ishler V. 2008. Effect on production of replacing dietary starch with sucrose in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 91, 4801–4810. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1480>
- Broderick G., and Radloff W. 2004. Effect of molasses supplementation on the production of lactating dairy cows fed diets based on alfalfa and corn silage. *J. Dairy Sci.* 87, 2997–3009. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73431-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73431-1)
- Calderón M. 1982. Evaluación del daño causado por insecto, in: Toledo, J. (Ed.), *Manual Para La Evaluación Agronómica*. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. CIAT - Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, pp. 57–71.
- Campabadall, C. 1991. Factores que afectan el contenido de sólidos de la leche. *Nutrición animal tropical.* 5(1): 67-92.
- Carulla J., Cárdenas E., Sánchez N., y Riveros, C. 2004. Valor nutricional de los forrajes más usados en los sistemas de producción lechera especializada de la zona andina colombiana. Seminario Nacional de Lechería Especializada: "Bases Nutricionales y su Impacto en la Productividad". Medellín, septiembre,

1: 21-38.

- Carulla J., y Ortega E. 2016. Sistemas de producción lechera en Colombia: retos y oportunidades. Arch. Latinoam. Prod. Anim. 24, 83–87.
- Carvajal T., Lamela L., y Cuesta, A. 2012. Evaluación de las arbóreas *Sambucus nigra* y *Acacia decurrens* como suplemento para vacas lecheras en la Sabana de Bogotá, Colombia. Pastos y Forrajes. 35(4): 417-430.
- Castillo M., Rojas A., y WingChing R. 2009. Valor nutricional del ensilaje de maíz cultivado en asocio con vigna (*Vigna radiata*). Agron. Costarric. 33, 133–146.
- CESAVEG, C.E. de S.V. de G., 2011. Comité estatal de sanidad vegetal de Guanajuato, A.C. Manual de plagas y enfermedades del maíz. 20 p.
- Chamorro D., 2010. Pastos y forrajes 2010202. Universidad Nacional Abierta y a Distancia Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente, Medellín.
- Checa O. 1994. Manejo agronómico del cultivo de haba (*Vicia faba*), 234th ed. Pasto.
- Chilibroste P. 2012. Uso de subproductos industriales en la nutrición de bovinos de leche: una oportunidad para la lechería nacional, in: XL Jornadas Uruguayas de Buiatría. Uruguay, pp. 1–18.
- Contextoganadero, 2016. Heladas perjudican a los ganaderos y paperos de Nariño <http://www.contextoganadero.com/regiones/heladas-perjudican-los-ganaderos-y-paperos-de-narino> (consultado 3 dic. 2018).
- Copa, A., 2010. Nutrición y alimentación del ganado lechero. La Paz: Soluciones practicas - Fundación Sartawi Sayarik, 48 p. IL 1st ed. Bolivia.
- Corrales, A., Acevedo, O., Vanegas, H., Polania, F., 2004. Maíz en la zona cafetera Instructivo tecnico, Ministerio de agricultura y desarrollo rural, Federacion nacional de cafeteros de Colombia, Fondo de fomento cerealista Fenalce. ISBN 958-951-96- 5- 2. Bogotá.
- Cuenca, G., y Menza, E., 2009. Plan regional de competitividad de Nariño. Pasto.
- DANE, 2016. Ganadería bovina para la producción de carne en Colombia, bajo las

- Buenas Prácticas Ganaderas (BPG), Boletín mensual. Núm. 44. Insumos y factores asociados a la producción agropecuaria. Bogotá.
- De la Roza B., Martínez A., Argamentoría A. 2008. Leguminosas forrajeras anuales para rotación de cultivos en zonas templado - húmedas. *Vida Rural* 16–20.
- Delgado I. 1984. El nabo forrajero, Magrama LSB.N.: 84-341-03605 - Depósito legal: M. 21.977-1984 (25.000 ejemplares) Neugrafis, S. L. - Santiago Estévez, 8-28019-MADRID.
- Deras H. 2011. Guía técnica El cultivo del maíz, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA, Proyecto Red de innovación agrícola, Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdova” (CENTA), Ministerio de agricultura y Ganadería MAG, El Salvador 42 p .
- Doltra J., and Olesen J., 2013. The role of catch crops in the ecological intensification of spring cereals in organic farming under Nordic climate. *Eur. J. Agron.* 44, 98–108. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2012.03.006>
- Echeverri J., Restrepo L., y Parra J. 2010. Evaluación comparativa de los parámetros productivos y agronómicos del pasto kikuyo *Pennisetum clandestinum* bajo dos metodologías de fertilización. *Rev. LaSallista Investig.* 7, 94–100.
- Edwards G., Ruitter J., Dalley D., Pinxterhuis J., and Cameron K. 2014. Dry matter intake and body condition score change of dairy cows grazing fodder beet, kale and kale-oat forage systems in winter. *Proc. New Zeal. Grassl. Assoc.* 76, 81–88.
- Elgersma A., Ellen G., Horst H., Van Der Boer H., Dekker P.R., and Tamminga S., 2004. Quick changes in milk fat composition from cows after transition from fresh grass to a silage diet. *Anim. Feed Sci. Technol.* 117, 13–27. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2004.08.003>
- ENA, 2015, 2016. Boletín técnico. Bogotá.
- ENA, 2016, 2017. Boletín técnico, Boletín técnico comunicación informativa (DANE).

Bogotá.

- Espinoza D., 2013. Aclimatación de 14 cultivares de Remolacha (*Beta vulgaris* var. conditiva) en la Espoch, Macají, Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Evans E., Bernhardson D., and Lamont J., 2016. Case Study: Effects of feeding fresh sugar beets to lactating dairy cows on milk production and milk composition. Prof. Anim. Sci. 32, 253–258. <https://doi.org/10.15232/pas.2015-01464>
- Evans E. and Messerschmidt, U., 2017. Review: Sugar beets as a substitute for grain for lactating dairy cattle. J. Anim. Sci. Biotechnol. 8, 1–10. <https://doi.org/10.1186/s40104-017-0154-8>
- Fabara J. 2012. Plagas y enfermedades de los cultivos de papa, maíz y alfalfa en el área de influencia del Canal de Riego Ambato - Huachi - Pelileo. Ambato, Ecuador. Manual de capacitación para la formación de promotores rurales en protección de cultivos.
- FAO, 2011. Producción orgánica de Haba (*Vicia faba* L.), en: Suquilanda, M. (Ed.), Producción Orgánica de Cultivos Andinos. Ecuador, pp. 147–163.
- Ferrer J., Páez G., Chirinos M., Mármol Z., 1995. Ensilaje de la Pulpa de café. Rev. Fac. Agron. 12, 417–428.
- Ferris C., Patterson D., Gordon F., and Kilpatrick D., 2003. The effect of concentrate feed level on the response of lactating dairy cows to a constant proportion of fodder beet inclusion in a grass silage-based diet. Gras and Forage Scien. 58, 17–27.
- Flores G., González A., Resch C., Castro P., Valladares J., Cardelle M., y Fernández B., 2015. Efecto del presecado sobre la calidad del ensilaje de hierba en una muestra de explotaciones lecheras de Galicia. Prod. agroganaderas Gestión Efic. y Conserv. del medio Nat. 1: 121–127.
- Fonseca D., y Borrás, L. 2014. Evaluación del efecto de la papa fresca incluida en un alimento para vacas Holstein sobre la producción y la calidad de la leche.

- Ciencia y Agricultura. 11(1): 55-65.
- Forbes J. 2007. A personal view of how ruminant animals control their intake and choice of food: Minimal total discomfort. *Nutr. Res. Rev.* 20(2): 132–146. <https://doi.org/10.1017/S0954422407797834>
- Gallegos A., Martínez A., Fernando M., Figueroa R., Berumen S., Venegas J., Quevedo J., Escobedo D., y Silos M., 2012. Calidad nutricional de maíz forrajero (*Zea mays* L.) bajo condiciones limitadas de agua de riego. *AGROFAZ* 12(1): 59–66.
- Garcés A., Berrio L., Ruiz S., Serna J., y Builes A. 2004. Ensilaje como fuente de alimentación para el ganado. *Rev. Lasallista Investig.* 1(1): 66–71.
- Garciarena A. 2014. Subproductos de la agroindustria en la alimentación de rumiantes, en: INTA, UNMDP (Eds.), *Nutrición Animal Aplicada*. Mar del Plata, pp. 37–40.
- Gefrom A., Ott E., Hoedtke S., Zeyner A. 2013. Effect of ensiling moist field bean (*Vicia faba*), pea (*Pisum sativum*) and lupine (*Lupinus spp.*) grains on the contents of alkaloids, oligosaccharides and tannins. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. (Berl.)* 97: 1152–1160. <https://doi.org/10.1111/jpn.12024>
- Gerlach K., Reimink A., Messerschmidt U., Südekum K. 2017. Ensiled sugar beets as dietary component and their effect on preference and dry matter intake by goats. *Arch. Anim. Nutr.* 71(4): 297–310. <https://doi.org/10.1080/1745039X.2017.1322795>
- González U., Corona L., Estrada J., Abarca D., y González M. 2017. Digestión ruminal e intestinal del maíz (*Zea mays*) y sorgo (*Sorghum bicolor* L. MOENCH) utilizando diferentes técnicas de digestibilidad (*In vivo*, *In vitro* e *In sacco*). *Trop. Subtrop. Agroecosystems* 20(2): 183–194.
- Gordon R. 2012. Manejo integral del cultivo de maíz. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. Departamento de Ediciones y Publicaciones. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.31749.65768>
- Guerrero R. 1998. Fertilización de cultivos en clima frío, Segunda. ed, Fertilización



- de cultivos. Monómeros. Colombo Venezolanos SA. Bogotá.
- Gutiérrez M. 2006. Efectos de las plagas y enfermedades sobre el rendimiento y la calidad industrial de la remolacha azucarera de siembra otoñal: Bases para el establecimiento de una protección integrada. Tesis Doctoral. Escuela Universitaria de Ingenieros Técnicos Agrícolas. Departamento de Ciencias Agroforestales. Universidad de Sevilla.
- Guzmán K. 2013. La industria de lácteos en Valledupar: primera en la región Caribe, Documentos de trabajo sobre economía regional. Documentos de trabajo sobre economía regional. Núm. 184. Cartagena.
- Hameed S., Ayub M., Tahir M., Khan S., and Bilal M. 2014. Forage yield and quality response of oat (*Avena sativa* L.) cultivars to different sowing techniques. *Int. J. Mod. Agric.* 3(1): 25–33.
- Hoffmann C., Huijbregts T., Van Swaaij N., and Jansen R. 2009. Impact of different environments in Europe on yield and quality of sugar beet genotypes. *Eur. J. Agron.* 30(1): 17–26. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2008.06.004>
- Holmann F., Rivas L., Carulla J., Rivera B., Giraldo L., Guzmán S., Martínez M., Medina A., y Farrow A. 2006. Producción de leche y su relación con los mercados; caso colombiano. X Semin. Pastos y Forrajes 149–156.
- Holmann F., Rivas L., Carulla J., Rivera B., Giraldo L., Guzmán S., Martínez M., Medina A., y Farrow A. 2004. Producción de leche y su relación con los mercados; caso colombiano., CIAT. ed. Cali. [https://doi.org/http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos\\_Ciat/tropileche/books/Produccion\\_leche\\_relacion\\_mercados\\_caso\\_Colombia.pdf](https://doi.org/http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/tropileche/books/Produccion_leche_relacion_mercados_caso_Colombia.pdf)
- IGAC, 2004. Aspectos del medio Natural, in: Estudio General de Suelos Y Zonificación de Tierras Departamento de Nariño. pp. 12–48.
- INTA, I.N.D.T.A., 2010. Guía Tecnológica. Cultivo del maíz. 2da Ed. No. 3. Managua.
- Jefery, H., 1970. The length of change-over periods in change-desings with grazing cattle. *Austr. Jour. of Experim. Agric. and Anim. Husbandry* 10:691-693.

- Jiménez, J., Martínez, A., Benaouda, M., Vicente, F., 2017. A winter intercrop of faba bean and rapeseed for silage as a substitute for Italian ryegrass in rotation with maize. Arch. Agron. Soil Sci. <https://doi.org/10.1080/03650340.2017.1406080>
- Kafilzadeh F., and Heidary N. 2013. Chemical composition, in vitro digestibility and kinetics of fermentation of whole-crop forage from 18 different varieties of oat (*Avena sativa* L.). J. Appl. Anim. Res. 41(1): 61–68. <https://doi.org/10.1080/09712119.2012.739084>
- Lafaux M., Bastidas J., y Insuasty E. 2015. Efecto de la bovinaza en la composición nutricional del tubérculo de remolacha forrajera (*Beta vulgaris*) en el municipio de Pasto, departamento de Nariño. Rev. Cienc. Anim. 9: 209–221.
- Lanzas C., Sniffen C., Seo S., Tedeschi L., and Fox D. 2007. A revised CNCPS feed carbohydrate fractionation scheme for formulating rations for ruminants. Anim. Feed Sci. Technol. 136: 167–190. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.08.025>
- Lardy G. 2016. Feeding sugar beet byproducts to cattle. NDSU EXTENSION SERVICE.
- Lauwers T., Vicca J., Latre J., Huygens D., and Lips D., 2009. Valorisation of Ensiled Fodder Beets. Bull. UASVM Agric. 66(2): 343–349.
- León M. 2015. Respuesta de lechuga (*Lactuca sativa* L. var. crispata) y remolacha (*Beta vulgaris* L. var. conditiva) a la aplicación al suelo del consorcio de microalgas (*Chlorella* sp.) y (*Scenedesmus* sp.). Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Central del Ecuador.
- López A., y Barriga, D. 2016. La leche, composición y características. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. Sevilla. 34 p.
- MADR - Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 2018. Asociación Nacional de Productores de Leche (ANALAC). <https://analac.org/>. (consultado 3 feb. 2019).
- Mamani J. 2016. Avena forrajera: Rendimiento, valor nutricional, ventaja comparativa y competitiva en la región Puno. Tesis Doctoral. Doctorado en

- Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Universidad Nacional del Altiplano.
- Martínez A., De la Roza B., Soldado A., y Argamentería A. 2005a. Evaluación de producción y valor nutritivo de las habas forrajeras como alternativa al raigrás italiano utilizadas como cultivo de invierno en rotación con el maíz. *Prod. agroganaderas Gestión Efic. y Conserv. del medio Nat.* 2: 681–688.
- Martínez A., Pedrol N., y Piñero J., 2005b. Cultivares de Haboncillo (*Vicia faba* L.) y Triticale (*x Triticosecale* Wittm.) para producción de forraje invernal en zonas húmedas con mezclas cereal - leguminosa. *Prod. agroganaderas Gestión Efic. y Conserv. del medio Nat.* 2: 673–679.
- Martínez R., Solís A., Cisneros A., y Velázquez J., 2005c. Determinación del momento óptimo de transplante en el cultivo de la remolacha (*Beta vulgaris* L). *Ciencias Holguín* XI, 1–5.
- Martínez A., Vicente F., Baizán S., y Barhoumi N. 2017. Interés agronómico de la inclusión de las habas forrajeras en las raciones de rumiantes en la Cornisa Cantábrica. *Doss. Cultiv. pratenses* 88–96.
- Martínez M., Palacios I., y Medina H. 2016. Composición química del grano de maíz (*Zea mays*) Chococito del municipio de Quibdó, Chocó, Colombia. *Rev. Investig. Agrar. y Ambient.* 7(1): 67–82. <https://doi.org/10.3390/s91108399>
- Martínez R., Martínez N., y Martínez, M. 2011. *Diseño de experimentos en ciencias agropecuarias y biológicas con Sas, Spss, R y Statistix*. Bogotá: Fondo Nacional Universitario. Tomo 1. 1ª ed.
- Mejía F. 2012. Prospectiva de la cadena láctea del departamento de Nariño al horizonte del año 2020. *Tendencias* 13(1): 36–54.
- Molano R., Aguilar F., Carulla J., y Afanador G. 2011. *Sistemas integrados de alimentación en bovinos*, Departamento de producción animal universidad nacional de Colombia. Bogotá.
- Montgomerie W. 2005. Ten years experience of multi-breed evaluations and crossbreeding in New Zealand, *Interbull Bulletin*. Hamilton, New Zealand.
- Morales A., León J., Cárdenas E., Afanador G., y Carulla J. 2013a. Calidad de leche,

- digestibilidad *in vitro* de la materia seca y producción en vacas alimentadas con grampíneas solas o asociadas con *Lotus uliginosus*. *Med. Vet. Zoot.* 60(1): 32–48.
- Morales A., León J., Cárdenas E., Afanador G., y Carulla J. 2013b. Composición química de la leche, digestibilidad *in vitro* de la materia seca y producción en vacas alimentadas con gramíneas solas o asociadas con *Lotus uliginosus*. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia.* 60(1): 1-6
- Mordenti A., Merendi F., Fustini M., Formigoni A., 2007. Effects of different protein plants in cows diet on milk for Parmigiano Reggiano production. *Ital. J. Anim. Sci.* 6(1): 463–465. <https://doi.org/10.4081/ijas.2007.1s.463>
- Moreno A., Cantú J., Reyes J., and Contreras V. 2017. Forage maize nutritional quality according to organic and inorganic fertilization. *Sci. Agropecu.* 8(2): 127–135. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.02.05>
- Moreno F., Rodríguez G., Méndez V., Osuna L., y Vargas M. 2007. Análisis microbiológico y su relación con la calidad higiénica y sanitaria de la leche producida en la región del Alto de Chicamocha (departamento de Boyacá). *Revista de Medicina Veterinaria.* 14: 61-83.
- Mulet del Pozo Y., Díaz M., Vilches E., 2008. Determinación de algunas propiedades físico-mecánicas, químicas y biológicas del humus de lombriz en condiciones de la vaquería de la finca Guayabal, San José de las Lajas, La Habana, Cuba. *Rev. Ciencias Técnicas Agropecu.* 17(1): 27–30.
- Navia J., Muñoz D., y Solarte J. 2015. Caracterización biofísica y socioeconómica de fincas ganaderas de leche en el municipio de Guachucal, Nariño. *Temas Agrar.* 20(1): 113–129. <https://doi.org/dx.doi.org/10.21897/rta.v20i1.753>
- Núñez G., González F., Bonilla J., y Bustamante J. 2009. Capítulo 3: Proceso de alimentación del ganado lechero, in: Nuñez, G., Díaz, E., Espinosa, J., Ortega, L., Hernández, L., Vera, H., Román, H., Medina, M., Ruiz, F. (Eds.), *Producción de Leche de Bovino En El Sistema Intensivo.* INIFAP - Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Veracruz, pp. 81–116.

- Núñez G., Payán J., Ruiz O., y Arzola C. 2006. Capítulo VI: Calidad nutricional del forraje y producción de leche del ganado bovino, en: INIFAP (Ed.), Maíz Forrajero de Alto Rendimiento Y Calidad Nutricional. México, pp. 217–238.
- Oba M. 2011. Review: Effects of feeding sugars on productivity of lactating dairy cows. *Can. J. Anim. Sci.* 91(1): 37–46. <https://doi.org/10.4141/CJAS10069>
- Official methods of analysis of AOAC International. 19 th ed. 2012, Official Journal of the European Communities, Gaithersburg, Maryland, USA.
- Olague J., Montemayor J., Bravo S., Fortis M., Aldaco R., y Ruiz E. 2006. Características agronómicas y calidad del maíz forrajero con riego sub-superficial. *Técnica Pecu. en México* 44(3): 351–357.
- Oleas J. 2012. Aclimatación de 16 cultivares de remolacha (*Beta vulgaris* var. conditiva) en el Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo. Tesis Pregrado. Facultad de Recursos Naturales. Escuela de Ingeniería Agronómica. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Oramas C., y Vivas N. 2007. Evaluación de dos híbridos y una variedad de maíz (*Zea mays*) en monocultivo y en asociación con frijol (*Phaseolus vulgaris*), para ensilaje. *Fac. Ciencias Agropecu.* 5(1): 28–35.
- Orjuela, A.L., 2013. Estudio de la cadena láctea y su aporte a la competitividad de la zona noroccidental del municipio de Pasto, departamento de Nariño. Trabajo de grado especialización. Escuela de Ciencias Administrativas, Contables, económicas y de negocios. Universidad Nacional Abierta y a Distancias - UNAD.
- Osmane B., Konosonoka I.H., Trupa A., Proskina L. 2017. Peas and beans as a protein feed for dairy cows. *Agron. Res.* 15(5): 1–13. <https://doi.org/https://doi.org/10.15159/AR.17.027>
- Osorio C., Anzola H., y Restrepo J. 2011. Programa de alimentación bovino - PAB: “El ganado paga, pero bien alimentado.” FEDEGAN. SENA. Bogotá.
- Ospina J. 2015. Manual técnico del cultivo de maíz bajo buenas prácticas agrícolas. Fotomontajes SAS. Gobernación de Antioquia, Medellín.

- Pérez A., García C., y Herrera V. 2015. Análisis de la competitividad del sub sector lechero de los pequeños y medianos productores frente al TLC con la Unión Europea. Tesis de Pregrado. Escuela de Administración. Administración de Empresas. Universidad del Rosario.
- Pichardo J., Escalante J., Díaz R., Quevedo A., Volke V., y Morales E. 2013. Rendimiento y eficiencia en el uso del agua de cultivares de Haba (*Vicia faba* L.) para doble propósito. Rev. Chapingo Ser. Hortic. 19(1): 71–84. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2010.04.013>
- Provenza, F., 1995. Postingestive feedback as an elementary determinant of food preference and intake in ruminants. J. Range Manag. 48(1): 2–17. <https://doi.org/10.2307/4002498>
- Puhakka L., Jaakkola S., Simpura I., Kokkonen T., and Vanhatalo A., 2016. Effects of replacing rapeseed meal with fava bean at 2 concentrate crude protein levels on feed intake, nutrient digestion, and milk production in cows fed grass silage – based diets. J. Dairy Sci. 99: 1–14. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-10925>
- Quintero J. 1984. Cultivo extensivo de la remolacha de mesa. Nota divulgadora No. 18/84.
- Ramos E. 2006. Utilización de diversas leguminosas grano en la producción de la leche de cabra. Análisis de su valor nutritivo y calidad de la leche producida. Universidad de Granada, Granada.
- Ramos R., Pabón M., y Carulla J., 1998. Factores nutricionales y no nutricionales que determinan la composición de la leche. Rev. Med. Vet. y Zootec. 46(2): 2–7.
- Reta D., Figueroa U., Faz R., Núñez G., Gaytá, A., Serrato J., y Payán J. 2010. Sistemas de producción de forraje para incrementar la productividad del agua. Rev. Fitotec. Mex. 33(4): 83–87.
- Reta D., Serrato J., Figueroa R., Cueto J., Berúmen S., y Santamaría J., 2008. Cultivos alternativos con potencial de uso forrajero en la Comarca Lagunera. Librop Técnico 3rd ed. Comarca Lagunera.

- Rowarth, J., 2013. Dairy cows - Economic production and environmental protection. In: Dymond J. (Ed.), Ecosystem services in New Zealand - conditions and trends. Manaaki Whenua Press, Lincoln, New Zealand, pp. 85-93.
- Rubio L., y Molina E. 2016. Las leguminosas en alimentación animal. ARBOR Ciencia, Pensam. y Cult. 192, 1–14. <https://doi.org/10.3989/arbor.2016.779n3005>
- Ruiz J. 2006. Evaluación de la producción y calidad de la leche en vacas Holstein de primer parto suplementadas con ensilaje de papa. Tesis de Pregrado. Facultad de Zootecnia. Universidad de LaSalle.
- Ruiz O., Beltrán R., Salvador F., Rubio H., Grado A., y Castillo, Y. 2006. Valor nutritivo y rendimiento forrajero de híbridos de maíz para ensilaje. Rev. Cuba. Cienc. Agrícola 40(1): 91–96.
- SAGAN - Sociedad de Agricultores y Ganaderos de Nariño. 2018. Encuesta de Leche (Producción Diaria). <https://sagan.com.co/> (consultado 27 mar. 2019).
- Saleem M., Zamir M., Haq I., Irshad M., Khan M., Asim M., Zaman Q., Ali I., Khan A., and Rehman S., 2015. Yield and quality of forage oat (*Avena sativa* L.) cultivars as affected by seed inoculation with nitrogenous strains. Am. J. Plant Sci. 6: 3251-3259. <https://doi.org/10.4236/ajps.2015.619316>
- Salinas J. 1982. Muestreo de suelo y tejido vegetal en los ensayos regionales A y B, en: Toledo J. (Ed.), Manual Para La Evaluación Agronómica. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. CIAT - Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, pp. 111–116.
- Salmerón J., Meda F., y Barcena J. 2003. Variedades de avena y calidad nutricional del forraje, Folleto Té. ed. INIFAP - Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Cuauhtémoc.
- San Miguel A. 2007. Leguminosas de interés para la implantación de praderas. Ecología y pautas de utilización. Departamento de Silvopascicultura. Universidad Politécnica de Madrid.
- Sánchez M. 2009. Estudio de la microbiota endofítica asociada a las gramíneas:

- Dactylis glomerata, Holcus lanatus, Ammophila arenaria y Elymus farctus. Tesis de maestría. Departamento de microbiología y genética. Facultad de Biología. Universidad de Salamanca.
- Sañudo B., Checa O., y Arteaga G. 1999. Manejo agronómico de leguminosas en zona cerealistas, Primera. ed. PRODUMEDIOS, Pasto.
- Schmidt S., Steingass H., and Jungbluth T. 2001. Sugar beet mash silage as a component of a total - mixed - ration for dairy cows – effects on parameters of digestion and animal performance. Arch. Anim. Nutr. 54: 47–59. <https://doi.org/10.1080/17450390109381965>
- Schwab E., Shaver R., Lauer J., and Coors J. 2003. Estimating silage energy value and milk yield to rank corn hybrids. Anim. Feed Sci. Technol. 109: 1–18. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(03\)00210-4](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(03)00210-4)
- Shi F., Fang L., Meng Q., Wu H., Du J., Xie X., Ren L., Zhou Z., and Zhou B. 2014. Effects of partial or total replacement of maize with alternative feed source on digestibility, growth performance, blood metabolites and economics in limousin crossbred cattle. Asian-Australasian J. Anim. Sci. 27(10): 1443–1451. <https://doi.org/10.5713/ajas.2014.14057>
- Silva A., Marlene B., Toapanta O., y Dora S. 2011. Elaboración de vino de remolacha a partir de dos variedades (*Beta vulgaris*), conditiva y macrohiza, utilizando dos endulzantes naturales stevia (*Stevia rebaudiana*) y miel de abeja. Tesis pregrado. Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. UTC.
- Solarte C., Martínez A., y Burgos W. 2006. El TLC con Estados Unidos: Efectos y retos para la cadena láctea de Nariño. Tendencias 7(1): 101–120.
- Solarte C., Rosero C., Burgos W., y Caviedes I. 2009. Caracterización y evaluación genética de la población bovina lechera del trópico alto de Nariño, para la conformación de núcleos de Selección. Pasto. <https://doi.org/10.13140/2.1.3396.1762>



- Sorathiya L., Patel M., Tyagi K., Fulsoundar A., Raval A. 2015. Effect of sugar beet tubers as a partial replacer to green fodder on production performance and economics of lactating Surti buffaloes in lean period. *Vet. world* 8(1): 15–18. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2015.15-18>
- Tapasco J., Martínez J., Calderón S., Romero G., Ordóñez D., Álvarez A., Sánchez L., Ludeña C. 2015. Impactos económicos del cambio climático en Colombia: sector ganadero, Banco Iberoamericano de desarrollo, Monografía No. 254. Washington D.C. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.18235/0000131>
- Tapia A. 2013. Residuos animales, una opción de alimentación para el ganado. *El Mercur. Campo* 1.
- Toledo J. 1982. Manual para la evaluación agronómica. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. CIAT - Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali.
- Trujillo G. 2009. Guía para la utilización de recursos forrajeros tropicales para la alimentación de bovinos, Convenio 0367/09. ed. Comité de Ganaderos del Huila, SENA, Fondo Granadero del Huila, Gobernación del Huila, Huila.
- Ulrich A. 2018. Composicao bromatológica, degradabilidade e producao de gases “In vitro” de aveia, azevém e nabo-forrageiro. Tesis pregrado. Universidade Federal da Fronteira Sul.
- Valdés C. Andrés S., Tejido M., García R., Calleja A., Giráldez F., y Llorente P., 2013. Re-ensilado de remolacha con alfalfa predeseccada: Efecto del contenido de humedad de la alfalfa en la calidad del ensilado. 52<sup>a</sup> Reun. Científica la SEEP. Los pastos nuevos retos, nuevas oportunidades. 139: 139–146.
- Valdés C., Andrés S., Tejido M., García R., Giráldez F., y Llorente P. 2014. Ensilado de remolacha: composición química, parámetros de fermentación y utilización de la tecnología de espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS) para la identificación de distintas variedades. *PASTOS Y PAC*. 53: 373–380.
- Vásquez J., Loaiza E., y Olivera M. 2012. Calidad higiénica y sanitaria de leche

- cruda acopiada en diferentes regiones colombianas. Orinoquía. 13(2): 13-23.
- Vicuña P., 1985. Pastos y forrajes de clima frío, 3rd ed, SENA, Servicio Nacional de Aprendizaje. Bogotá.
- Villa A., Meléndez A., Carulla J., Pabón M., y Cárdenas E. 2010. Estudio microbiológico y calidad nutricional del ensilaje de maíz en dos ecorregiones de Colombia. Rev. Colomb. Ciencias Pecu. 23: 65–77.
- Villegas J., y Trujillo J. 2014. Herramientas para mejorar la producción y calidad de los ensilajes de maíz en Colombia. FEDEGAN, Bogotá.
- Voelker J., and Allen M. 2003. Pelleted beet pulp substituted for high-moisture corn : 1. Effects on feed intake, chewing behavior, and milk production of lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 86(11): 3542–3552. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73959-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73959-9)
- Volpelli L., Comellini M., Gozzi M., Masoero F., and Moschini M. 2012. Pea (*Pisum sativum*) and faba beans (*Vicia faba*) un dairy cow diet: Effect in milk production and quality. Ital. J. Anim. Sci. 11(40): 217–222. <https://doi.org/10.4081/ijas.2012.e40>
- Volpelli L., Comellini M., Masoero F., Moschini M., Lo Fiego D., and Scipioni R. 2010. Faba bean in dairy cow diet: Effect on milk production and quality. Ital. J. Anim. Sci. 9(27): 138–144. <https://doi.org/10.4081/ijas.2010.e27>
- Volpelli L., Comellini M., Masoero F., Moschini M., Pietro D., and Scipioni R. 2009. Pea (*Pisum sativum*) in dairy cow diet: effect on milk production and quality. Ital. J. Anim. Sci. 8: 245–257. <https://doi.org/10.4081/ijas.2009.245>
- Wyss U., Girard M., Grosse A., Arrigo Y., Dohme F., and Bee G. 2014. Effect of harvest and ensiling on different protein fractions in three different legumes. Grassl. Sci. Eur. 19, 593–596.
- Yarza J. 1970. La remolacha forrajera en la alimentación del ganado, Hojas Divulgadoras. Ministerio de Agricultura. Agente de Extensión Agraria. Madrid.
- Zaharí M., y Aimon A. 2005. Uso de torta de palmiste y subproductos de palma de aceite en concentrados para animales. Rev. Palmas 26, 57–64.

Zamora V., Colín M., Torres M., Rodríguez A., y Jaramillo, M. 2016. Producción y valor nutritivo en fracciones de forraje de trigos imberbes. *Rev. Mex. Ciencias Agrícolas*. 7(2): 291–300.