

Efecto de la suplementación energética a base de remolacha forrajera (*Beta vulgaris* L. Crass) sobre el comportamiento productivo y reproductivo de novillas Holstein mestizas.

Ramiro Eduardo Revelo Donado

Universidad de Nariño

Centro de Investigaciones y Estudios de Postgrado en Ciencias Agrarias

Maestría en Ciencias Agrarias

Énfasis en Producción Animal

Pasto – Nariño

2021

Efecto de la suplementación energética a base de remolacha forrajera (*Beta vulgaris* L. Crass) sobre el comportamiento productivo y reproductivo de novillas Holstein mestizas.

Ramiro Eduardo Revelo Donado

**Tesis de Grado presentado como requisito para optar al título de Magíster en Ciencias
Agrarias con Énfasis en Producción Animal**

Director

José Edmundo Apráez Guerrero

Zoot. M.Sc. Ph.D

Universidad de Nariño

Centro de Investigaciones y Estudios de Postgrado en Ciencias Agrarias

Maestría en Ciencias Agrarias

Énfasis Producción Animal

Pasto – Nariño

2021

NOTA DE RESPONSABILIDAD

“Las ideas y conclusiones aportadas en el trabajo son responsabilidad exclusiva de sus autores”

Artículo 1º del acuerdo 324 de octubre 11 de 1966 emanado por el Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño

Nota de Aceptación

SANDRA SALAS RUEDA. M.V. M.Sc.

Jurado

ARTURO GÁLVEZ CERÓN. Zoot. M.Sc. Ph.D.

Jurado delegado

FRANCISCO ACHICANOY. Zoot. M.Sc.

Jurado

JOSÉ APRÁEZ GUERRERO. Zoo. Esp. M.Sc. Ph.D.

Director

San Juan de Pasto, mayo 23 de 2021

Agradecimiento

A Dios, porque sin su respaldo y guía no hubiera podido alcanzar este gran objetivo en mi vida.

Mis más sentidos agradecimientos a la Universidad de Nariño y a la Facultad de Ciencias Agrícolas, al Dr. Carlos Betancourt, director de la Maestría en Ciencias Agrarias, por su permanente apoyo y sus oportunas palabras de aliento, a mis profesores y jurados quienes con sus valiosos conocimientos y sus sabias enseñanzas, aportaron a mi crecimiento profesional; gracias a cada uno de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo y amistad. Al personal administrativo en especial a Alejandra Ruano.

Un sincero agradecimiento a mi tutor y director de tesis Dr. Edmundo Apráez, por tan acertada orientación y soporte, por sus invaluable aportes y ayuda a este trabajo investigativo. He sido afortunado al poder contar, con un director que me ha compartido de su vasto conocimiento científico y experiencia en el campo de la investigación en nutrición animal.

A la Hacienda Michuquer, a su propietario mi padre Dr. Ramiro Revelo Burbano, por estar siempre dispuesto a apoyar mis proyectos, necesidades y ser incondicional con mis propuestas. A los trabajadores por su valiosa colaboración. Gracias por la ayuda y confianza en mí depositada.

Finalmente, y de manera muy especial, a mis padres, Vicky y Ramiro, mi familia, quienes estuvieron a mi lado compartiendo mis alegrías y afanes, por estimular mi deseo de superación, por su apoyo y ayuda de siempre. En ellos encontré la fuerza necesaria para llegar hasta el final.

Dedicatoria

A Dios

A mis padres: Vicky y Ramiro

A mi prometida: Margarita

A mis hijos: Camilo y Juliana

A mis hnos.: Diego, Diana, Juan Manuel y José Daniel

Contenido

Resumen	11
Abstract	12
1. Planteamiento del problema	13
2. Objetivos.....	15
2.1 Objetivo general.....	15
2.2 Objetivos específicos.....	15
3. Hipótesis	16
4. Marco teórico	17
4.1. El vacuno de leche en el mundo.....	17
4.2. Importancia económica del vacuno de leche en Colombia	18
4.3. Importancia económica del vacuno de leche en Nariño	19
4.4. Importancia de los sistemas ganaderos de leche	21
4.5. Importancia alimentación animal con énfasis en pastos y forrajes	22
4.5.1. Desbalances de energía y proteína en los sistemas ganaderos de leche.	23
4.5.2. Una alternativa alimentaria	25
4.5.3. Características de la remolacha forrajera (<i>Beta vulgaris</i>).....	26
4.6 Hormona luteinizante y folículo estimulante.....	27
4.6.1 Hormona luteinizante (LH).....	27
4.6.2. Hormona folículo estimulante (FSH).	28
5. Metodología	29
5.1. Localización.....	29
5.2. Caracterización botánica y nutricional de las praderas en las que pastorearon las novillas Holstein mestizas.	29
5.3 Caracterización nutricional de las dietas.	30
5.3.1. Variables bromatológicas	30
5.3.1.1. Materia seca. Por análisis de Weende (método 930.04).	30
5.3.1.2. Proteína cruda.....	30
5.3.1.3. Extracto etéreo.	30
5.3.1.4. Ceniza.	31
5.3.1.5. Fibra cruda (FC).	31
5.3.1.6 Minerales.....	31
5.4 Determinación del comportamiento productivo.....	31
5.5 Determinación del comportamiento reproductivo mediante FSH y LH.	32
5.5.1 Muestras de sangre.	32
5.6 Determinar el costo parcial del levante de novillas Holstein mestizas suplementadas a base de remolacha forrajera <i>B. vulgaris</i>	32
5.7 Diseño experimental.....	33
6. Análisis y Discusión de Resultados	35
6.1 Caracterización la composición botánica y nutricional de la pradera.	35
6.2 Valor nutricional de la remolacha forrajera (<i>B. vulgaris</i>).	38
6.3 Parámetro productivos de las novillas suplementadas con remolacha forrajera <i>B. vulgaris</i> ...39	
6.4 Determinación de las concentraciones de FSH y LH en las novillas alimentadas con remolacha forrajera.	41

6.5 Costos de levante de novillas Holstein mestizas suplementadas con remolacha forrajera (<i>Beta vulgaris</i>).....	44
Conclusiones	46
Recomendaciones	47
Referencias bibliográficas	48

Lista de tablas

Tabla 1. Nariño en el contexto nacional.....	22
Tabla 2. Bromatológico <i>Beta vulgaris</i>	26
Tabla 3. Análisis bromatológico de la mezcla de la pradera.	35
Tabla 4. Análisis de fibra de la mezcla de la pradera.....	37
Tabla 5. Contenido de minerales en las praderas.....	38
Tabla 6. Análisis bromatológico de la remolacha forrajera.	39
Tabla 7. Determinación de costos parciales de cada tratamiento.	44

Lista de Figuras

Figura 1. Ganancia de peso diaria (g/día) para los distintos tratamientos.....	40
Figura 2. Concentración de FSH en sangre de ganado Holstein mestizo.	41
Figura 3. Concentración de LH en sangre.	42
Figura 4. Relación entre el peso y los parámetros sanguíneos	43

Resumen

Los sistemas de producción lechera tienen que desarrollar estrategias para alimentar a sus hembras de reemplazo. Durante esta etapa, los animales se enfrentan a varios cambios fisiológicos inducidos por hormonas que los preparan para su ingreso a la vida reproductiva.

La vida reproductiva de la vaca es fundamental en un sistema especializado de leche, ya que éstas son las encargadas de producir el alimento que luego será comercializado. Sin embargo, muchas veces se pasan por alto etapas previas como la pubertad, donde se implantan las características vitales para la futura productora. Por ello, la investigación buscó determinar el efecto de la suplementación de novillas con remolacha forrajera sobre los parámetros productivos y reproductivos. Para ello, se utilizó 9 novillas con condiciones similares, que fueron expuestas a tres tratamientos: T1: pastoreo sin suplementación, T2: pastoreo con suplementación con concentrado comercial, T3: pastoreo con remolacha forrajera. Se evaluó el contenido nutricional de la pradera y la remolacha forrajera, el efecto de los tratamientos sobre la ganancia de peso y la concentración sanguínea de LH (Hormona Luteinizante) y FSH (Hormona folículo estimulante). Los resultados mostraron una composición de la pradera con raygrass, kikuyo y trébol blanco, que fue deficiente en energía y proteína para las novillas. También se observó un alto contenido energético de la remolacha forrajera, que tuvo un impacto positivo sobre la ganancia de peso, aunque no afectó la concentración de LH y FSH en las novillas; finalmente los costos de producción se ven reducidos con la utilización de remolacha forrajera en la ración ofertada a las novillas. Se concluye que la remolacha forrajera es una buena alternativa para el levante de novillas.

Palabras clave: bovino, nutrición, suplemento,

Abstract

Dairy production systems have to develop strategies to feed their replacement females. During this stage, animals face various hormone-induced physiological changes that prepare them for entry into reproductive life.

The reproductive life of cows is fundamental in a specialized milk system, since they are in charge of producing the feed that will later be commercialized. However, many times previous stages such as puberty are forgotten, where the vital characteristics for the future producer are implanted. For this reason, the research sought to determine the effect of the supplementation of heifers with forage beet on the productive and reproductive parameters. For this, 9 heifers with similar conditions were used, which were exposed to three treatments: T1: grazing without supplementation, T2: grazing with supplementation with commercial concentrate, T3: grazing with forage beet. The nutritional content of the meadow and the forage beet, the effect of the treatments on the weight gain and the blood concentration of LH (Luteinizing Hormone) and FSH (Follicle Stimulating Hormone) were evaluated. They resulted in a composition of grassland with raigrass, kikuyo and white clover, which was deficient in energy and protein for the heifers. It is also possible to have a high energy content of forage beet, which had a positive impact on weight gain, although it did not affect the concentration of LH and FSH in heifers, finally the production costs are reduced with the use of forage beet. in the ration of heifers. It is concluded that fodder beet is a good alternative for raising heifers.

Keyword: bovine, nutrition, supplement.

1. Planteamiento del problema

Sin duda, la crianza de novillas de reemplazo constituye uno de los mayores retos en la ganadería moderna, donde el adecuado manejo de bovinos destinados a producción de leche debe llevarse a cabo desde que el animal nace hasta que empieza su vida productiva (Plazas y González, 2012).

El reto de criar novillas Holstein consiste en lograr animales que se sirvan por primera vez a los 14 meses, con una talla superior a 125 cm y un peso mayor a 350 kg. Cuando las terneras se alimentan sólo con forraje no desarrollan la suficiente capacidad ruminal y las tasas de crecimiento no son óptimas, por ello se debe incluir granos o concentrados en su dieta. A partir de los tres meses hasta los seis meses de edad, la ración de las terneras debe contener del 40% al 80% de forraje; los contenidos de proteína del alimento deben ser altos, para sostener su crecimiento. Luego de este periodo crítico para las futuras reproductoras, la concentración de proteína en la dieta puede reducirse y la de fibra (FND) incrementarse (Alegría, 2015). La idea es disminuir el costo de criar novillas de reemplazo, con una ingesta temprana de alimentos secos que estimulan el desarrollo del retículo–rumen, acelerando el destete y pasando de una dieta líquida a una dieta seca (Araujo, 2005).

En la actualidad, la tendencia es buscar alternativas de alimentación y suplementación encaminadas a reducir la utilización de alimentos concentrados (de alto costo), por esto se busca usar diversas fuentes alimenticias, en especial de origen vegetal, por considerarse materias primas de bajo costo y de aceptable valor nutricional. Teniendo en cuenta lo anterior, este proyecto evaluó una fuente energética alternativa para la alimentación de novillas de reemplazo, tendiente a sustituir el uso de suplementos alimenticios concentrados y disminuir los costos de producción en la empresa ganadera.

En el Departamento de Nariño, algunos sistemas ganaderos usan la remolacha forrajera en la alimentación animal; sin embargo, es muy escasa la investigación técnica y científica sobre el establecimiento y manejo de este cultivo agrícola y el efecto como alimento suplementario sobre los indicadores productivos y reproductivos de los animales, específicamente en novillas de remplazo. En este sentido, el proyecto tiene como objetivo evaluar la inclusión de la remolacha forrajera (*B. vulgaris*) sobre la cría y levante de novillas Holstein mestizas.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Evaluar los efectos de la remolacha forrajera (*Beta vulgaris*) como suplemento energético en el comportamiento productivo y reproductivo de novillas Holstein mestizas.

2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar la composición botánica y nutricional de las praderas en las que pastorearán las novillas del experimento.
- Determinar el valor nutricional de la remolacha forrajera (*B. vulgaris*) a utilizar en la suplementación de los animales.
- Evaluar la ganancia de peso en novillas Holstein mestizas, suplementadas con remolacha forrajera (*B. vulgaris*).
- Evaluar el comportamiento reproductivo en novillas Holstein mestizas, suplementadas con remolacha forrajera (*B. vulgaris*).
- Estimar los costos del levante de novillas Holstein mestizas suplementadas con remolacha forrajera (*B. vulgaris*).

3. Hipótesis

HO: La suplementación energética con remolacha forrajera (*Beta vulgaris*) no influye en el comportamiento productivo y reproductivo de las novillas Holstein mestizas.

HA: La suplementación energética con remolacha forrajera (*Beta vulgaris*) influye en el comportamiento productivo y reproductivo de las novillas Holstein mestizas.

4. Marco teórico

4.1. El vacuno de leche en el mundo

Se calcula que hay 250 millones de vacas lecheras en todo el mundo. Unos 24 millones de vacas de leche se encuentran en la Unión Europea. Singapur es el país con la mayor población de vacunos, ya que cuenta aproximadamente con 5,5 millones de cabezas. Todos los demás tienen una población de menos de un millón. Los datos indican que todos los países del mundo son productores de leche. En el conjunto de datos que emite sobre la producción de la leche, hay 27 países que no presentan producción de leche o no la han informado (FAO 2016).

Se prevé que la producción mundial de leche crecerá 1,6% al año hasta el 2029, siendo una de los productos con mayor ritmo de crecimiento en el sector agrícola. Lo anterior, se debe a un incremento de los rebaños lecheros en países con menor rendimiento en leche. En este crecimiento, la India y Pakistán llevarán la pauta, dado que se espera contribuyan a más de la mitad del crecimiento de la producción mundial de leche. De igual manera, se infiere que la Unión Europea crecerá más lentamente que el promedio mundial, debido a restricciones ambientales y al limitado crecimiento de la demanda interna (FAO 2016).

Por otra parte, se debe tener en cuenta que la mayoría de la producción láctea es utilizada para la obtención de derivados lácteos, ya sean éstos frescos, no procesados o ligeramente procesados (es decir, pasteurizados o fermentados). La participación de los productos lácteos frescos en el consumo mundial aumentará durante la próxima década por efecto de una creciente demanda en India, Pakistán y África, que es impulsada por un incremento en la capacidad adquisitiva y crecimiento demográfico. De igual manera, se ha determinado que el consumo per

cápita de productos lácteos frescos crecerá 1,0%, mientras que en Norteamérica y Europa ésta se mantendrá estable (FAO, 2016).

4.2. Importancia económica del vacuno de leche en Colombia

En Colombia, el 80% de la leche producida proviene de sistemas doble propósito, sólo el 6% se obtiene a partir de razas especializadas con sistemas semi-intensivos, el restante porcentaje proviene de sistemas de cría cuyo objetivo es el doble propósito (Campos et al., 2012). En el país, el sector lechero representa el 2,3% del Producto Interno Bruto Nacional, es decir, cerca de 18 billones de pesos y el 24,3% del PIB pecuario del país, en 22 de los 32 departamentos se produce leche (DANE, 2011).

Según la Asociación Nacional de Productores de Leche (ANALAC, 2013), “el sector lácteo genera cerca de 720 mil empleos directos, sin contar los empleos vinculados a las demás actividades de la cadena de valor, convirtiéndose en una alternativa factible para la ocupación permanente y lícita del campo colombiano”. Se estima que hay 395.215 unidades productoras de leche en Colombia, de las cuales tan sólo el 20% posee más de 15 animales. En este país la producción de leche ha venido aumentado de manera constante a lo largo de los años, mientras en 1980 se producían 2.000 millones de litros al año, hoy en día se producen aproximadamente 7.000 millones de litros, con una tasa anual de crecimiento promedio del 3,5% (FEDEGAN, 2016).

4.3. Importancia económica del vacuno de leche en Nariño

De acuerdo con la Federación Colombiana de Ganaderos (FEDEGAN, 2012), la producción total de leche en el departamento de Nariño es de 685.015 litros/día, y el promedio de producción es de 7,42 litros/vaca/día, superior al promedio nacional, el cual es de 4,39 litros/vaca/día (l/v/d); aun así, es inferior a otros departamentos lecheros, ocupando el sexto lugar a nivel nacional.

La cuenca lechera de Nariño se caracteriza por ser predominantemente minifundista, con bajo nivel de tecnificación, lo cual resalta la necesidad de fortalecer el sector a través de la transferencia de tecnología apropiada para esta clase de sistemas productivos. No obstante, en esta región también se encuentran ganaderías especializadas con un buen nivel de tecnificación, en las cuales se practica el manejo adecuado de praderas, la suplementación alimenticia, selección y mejoramiento genético con el uso de tecnologías reproductivas como inseminación artificial y transferencia de embriones, además del registro de eventos productivos, reproductivos, sanitarios y genealógicos recolectados correctamente.

Según Solarte y Zambrano (2012), los sistemas de producción de leche en el Trópico Alto de Nariño se encuentran a una altura media por encima de los 3000 m.s.n.m., lo que implica un manejo complejo de las ganaderías de leche en la región, puesto que, en una situación ideal, a esa altitud los terrenos deberían dedicarse exclusivamente a la preservación de los ecosistemas, más que a las actividades agrícolas y pecuarias. Otra particularidad en la región es el área de las fincas que, en promedio, es de 25,75 ha., de las cuales, igualmente, se dedican exclusivamente a ganadería 22,19 ha., lo que confirma el carácter minifundista en la zona, situación que no puede pasarse por alto a la hora de proponer soluciones tecnológicas para la ganadería de leche en Nariño.

El Programa de Mejoramiento Genético (2009) reporta que más del 74% de la población bovina en esta región corresponde a la raza Holstein y en menor proporción a núcleos de las razas Normando, Pardo Suizo, Jersey y pequeños grupos de “criollos”, distribuidos a lo largo del departamento. Dada la predominancia de la raza Holstein y conociendo sus características de conformación anatómica y de producción, en Nariño, la selección se ha orientado a la obtención de mayores volúmenes de leche, mediante la introducción de germoplasma extranjero favorable para esta característica. Si bien esta práctica ha contribuido a incrementar la producción láctea, otros factores como la calidad composicional y la eficiencia reproductiva han ido en serio detrimento con el consecuente aumento en el número de descartes, incremento del intervalo entre partos, prevalencia más alta de enfermedades respiratorias y, en general, pérdida de eficiencia y competitividad.

De acuerdo con la Corporación Colombia Internacional, para el año 2013, en promedio en la región se produjeron 760.000 litros de leche/día, lo cual equivale a 277.400.000 litros/año. Dicha producción se centra en tres principales microcuencas denominadas así: la ex Provincia de Obando, que incluye los municipios de la zona sur del departamento; la segunda es la Sabana de Túquerres, ubicada en los municipios del centro occidente del departamento, y la microcuenca de Pasto y sus alrededores. El volumen de leche producido permite el autoabastecimiento del departamento. No obstante, debido a la apertura de nuevos mercados, la cadena láctea en Nariño enfrenta una nueva etapa de globalización que requiere un entorno propicio a la innovación y a la eficiencia del sector, con la conquista de mercados externos y el aprovechamiento de todas sus fortalezas, entre las que se pueden citar: ser una zona de frontera y poseer animales con alto valor genético adaptados al medio.

4.4. Importancia de los sistemas ganaderos de leche

La ganadería es el sector más importante en la región nariñense, aporta un 27% del PIB agropecuario del departamento, genera 90.000 empleos directos y un sinnúmero de indirectos. Cerca de 160.000 personas derivan su sustento del negocio de la ganadería de leche en Nariño. En el recuento de la población ganadera y la producción (raza Holstein con un 80%) en el departamento, los datos generales son los siguientes: 33.774 hembras entre los 2 a 3 años y 154.224 hembras mayores de 3 años. Se registra una producción de leche de 910.000 litros diarios, con alta productividad por hembra, se le otorga a la buena genética una de las razones de esta productividad (FEDEGÁN, 2014).

El censo lechero del departamento, realizado periódicamente con base en las actividades de vacunación tomados directamente en el campo, permite presentar los siguientes datos: el hato lechero está conformado por aproximadamente 378.967 cabezas bovinas, de las cuales se dedican a los diferentes destinos los siguientes porcentajes: Sistemas Leche 85 % - Doble propósito 12 %- Levante y ceba 3 %, con un acopio entre 800 y 900 mil litros diarios de leche. El 96 % de la ganadería se concentra en minifundios (Campos et al., 2012).

El departamento de Nariño, en el contexto nacional, registra 42.126 predios, con una producción de leche por vaca/día de 9,2 de litros y aportes a la producción nacional que se resumen en la siguiente Tabla.

Tabla 1. Nariño en el contexto nacional

	Colombia	Nariño	%
Hato ganadero	24,5 millones	378.967	1,55
Producción de leche	6.360 millones	327,6 millones	5,7
Predios ganaderos	496.700	42.126	8,48
Generación de empleo	905.000	90.000	9,9
Ruralidad	24,62%	47,10%	-
Promedio producción	4,3 l/v/d	9,2 l/v/d	-

Fuente: FEDEGAN (2016)

4.5. Importancia alimentación animal con énfasis en pastos y forrajes

La producción ganadera depende fundamentalmente de su alimentación y la nutrición. Dado que la alimentación del ganado se basa mayormente en pastos, se puede afirmar que la producción es el resultado de la calidad y la disponibilidad adecuada que se tenga de los mismos. En este sentido, si la cantidad y calidad de los pastos son bajas o malas, nuestra producción ganadera será igualmente deficiente.

El pasto consumido directamente por los animales es el alimento fundamental en la gran mayoría de sistemas ganaderos. Su valor nutritivo es elevado cuando los pastos están en sus épocas óptimas de aprovechamiento. El pasto maduro, en cambio, es tosco, fibroso, de menor valor nutricional y, por tanto, menos aprovechable por el ganado. El alimento que se proporcione al ganado debe ser equilibrado en proteínas, vitaminas, minerales y carbohidratos, tomando en cuenta los requerimientos de cada animal (edad, sexo y producción) (Santini, 2014). Lo mejor es tener en las praderas una mezcla forrajera: 80% de gramíneas con 15 % de leguminosas 2% y 5% de plantas arvenses (Campos et al., 2012).

En lugares donde el pasto escasea durante la época seca, se puede recurrir al ensilaje o a la utilización de otros recursos forrajeros proveniente de arbóreas, arbustivas, arvenses o incluso el uso de desechos de la cosecha, etc. (Apráez et al., 2014).

Las fuentes forrajeras básicamente la conforman gramíneas y leguminosas; sin embargo, se han evaluado otras familias botánicas que tienen potencial de uso en la nutrición animal. Por tal razón, es importante adoptar otras alternativas y lograr producciones a bajo costo con el uso intensivo de pastos y forrajes para garantizar una adecuada alimentación a los animales y, por ende, el mejoramiento de las comunidades en las zonas ganaderas (Cardona, 2012).

El departamento de Nariño cuenta con un área de 340.000 has en pastos y forrajes, de los cuales un 70% corresponde a pastos naturales, el 30% corresponde a praderas de gramíneas mejoradas, que afectan la calidad del alimento que disponen las vacas para su ingesta y que se encuentran entre los factores más importantes para conseguir una alta eficiencia en la producción animal (Benavides y Sánchez, 2010).

4.5.1. Desbalances de energía y proteína en los sistemas ganaderos de leche.

El comportamiento reproductivo es una de las razones más importantes para la eliminación prematura de las vacas lecheras en las fincas y, además, tiene gran efecto en la producción de leche por vaca en la vida productiva. La ineficiencia reproductiva también reduce el número de terneros nacidos, lo que disminuye el número de animales de reemplazo, generando pérdidas económicas importantes para la empresa ganadera (Cardoso et al., 2013). La infertilidad puede estar asociada a los amplios intervalos entre partos y servicios por concepción, factores que están directamente

relacionados con el consumo de alimento y el comportamiento alimenticio durante el periodo de transición.

Otro aspecto a tener en cuenta es el balance energético negativo (BEN), el cual está asociado con la disminución del consumo de materia seca en el periodo de transición, necesario para mantener balance de energía durante la lactancia temprana. Consecuencia de ello, se presenta falta de ovulación durante el postparto, ocasionando baja tasas de preñez. El balance energético negativo suprime la secreción pulsátil de LH y reduce la capacidad de respuesta ovárica a la estimulación, ambos factores resultan en reducción de la fertilidad (Rivas et al., 2011). El balance energético negativo puede comenzar justo antes del parto, llega a su punto más bajo alrededor de dos semanas después del parto y en promedio dura hasta seis semanas postparto (Janovick y Drackley, 2010).

Janovick et al., (2011) sugieren que las vacas alimentadas con dietas y energía controlada durante el período seco presentaron menos enfermedades y trastornos que las vacas alimentadas con dietas de alta energía e indican que los ganaderos han observado facilidad al parto y mayor consumo de materia seca cuando la ingesta de energía es controlada en el preparto.

En otras palabras, las vacas de alta producción han sido genéticamente seleccionadas para priorizar la mayor parte de sus reservas energéticas en la producción de leche; en consecuencia, una dieta con alto consumo de energía puede resultar en alta producción de leche, pero un desbalance energético provocará, sobre todo, una pérdida de la condición corporal del animal (Esposito et al., 2014). Existen interrelaciones entre el equilibrio de la energía, el consumo de proteínas, marcadores metabólicos, incluyendo glucosa, urea y ácidos grasos no esterificados, y la función reproductiva en vacas lecheras después del parto. Por ejemplo, los intervalos del parto a

la primera ovulación y parto-concepción suelen ser más largos en vacas con una mayor producción de leche (Rivas et al., 2011).

4.5.2. Una alternativa alimentaria

La remolacha (*Beta vulgaris* L. Crassa) tiene un alto potencial de producción forrajera y una buena palatabilidad para el ganado bovino y otras especies menores. La investigación ha demostrado que sus características nutricionales son variadas, desde un aporte elevado de minerales hasta la presencia de un lactógeno de primera calidad por su elevado contenido de azúcar (Dadkhah, 2011).

El crecimiento de la remolacha forrajera se sitúa entre los 1500 a 2800 m.s.n.m., con una alta capacidad de resistencia a las heladas, por lo que su siembra, a nivel de Trópico alto, permite mayor disponibilidad de materia seca y energía para especies zootécnicas de clima frío (Tituaña-Tipán, 2011). Los resultados en ganado bovino lechero han mostrado buenos rendimientos cuando se incorpora con alimentos de baja digestibilidad, ya que la remolacha forrajera tiene un contenido de energía altamente fermentable que favorece la actividad y crecimiento microbiano en el rumen y con ello la disponibilidad de proteína para el animal. Junto a lo anterior, los subproductos de remolacha forrajera como las hojas y el tallo también son utilizados en la alimentación animal (Gibbs et al., 2015). Su contenido proteico es más elevado que en la raíz, pero su nivel energético es menor; el contenido de minerales es alto, especialmente el contenido de potasio, lo que beneficia la productividad de los animales cuando se suministra en grandes cantidades (Biondo et al., 2014).

4.5.3. Características de la Remolacha forrajera (*Beta vulgaris*)

La remolacha forrajera es una planta bianual perteneciente a la familia de Quenopodiácea y cuyo nombre botánico es *Beta vulgaris* L. Durante el primer año, la remolacha desarrolla una raíz gruesa napiforme y una roseta de hojas; durante el segundo año, emite una inflorescencia ramificada en panícula, pudiendo alcanzar hasta un metro de altura (Tituaña-Tipán, 2011). Puede producir grandes cantidades de alimento muy nutritivo. Se pueden obtener rendimientos de materia seca en la raíz de 10 a 16 Ton/ha, en la hoja puede ser de 12 a 20 T/ha. Las raíces son típicamente altas en energía (12 Mj/kg), bajas en proteína cruda (6%) y con alto contenido de azúcar, lo que la hace muy palatable. El contenido de proteína cruda es más alto en las hojas (15%) (ver Tabla 2), las cuales pueden ser pastoreadas o convertidas a ensilajes (Biondo et al., 2014).

En la raíz se ha obtenido valores de fibra detergente neutro (FDN) de 10 a 15%, fibra detergente ácido (FDA) de 5,5 a 6,8%, mientras que la digestibilidad aparente de la MS para bovinos se encuentra entre 90 a 93,6% (Khogali et al., 2011).

Tabla 2. Bromatológico *Beta vulgaris*

Nutriente	Hojas	Tubérculo
Materia Seca	19%	20%
Proteína Cruda	12,50%	6,80%
Proteína Digestible	8,80%	4,80%
Fibra Cruda	10%	5,90%
Extracto Etéreo	5,70%	0,60%
Cenizas	21,20%	5,50%
Energía Metabolizable	2,37 Mcal/kg	3,27Mcal/kg

Fuente. Aguilera, 2012.

La palatabilidad de la remolacha forrajera es de total agrado para el ganado, debido a su alto contenido de azúcares; tiene una alta densidad de energía, apropiada para las necesidades de los animales de alto rendimiento productivo, permitiendo una óptima fermentación ruminal. La suplementación de energía que proporciona la remolacha forrajera a los rumiantes mejora los contenidos de proteína y grasa en leche, debido a que los microorganismos del rumen son favorecidos por el contenido de azúcares, lo que hace que la fibra sea mejor fermentada. Estos azúcares también favorecen la síntesis microbial de proteína en el rumen, lo que influye decisivamente en la producción de caseína, proteína de la leche (Aguilera, 2012).

4.6 Hormona Luteinizante y folículo Estimulante

4.6.1 Hormona luteinizante (LH). La hormona luteinizante (LH) es una glicoproteína presente en el lóbulo anterior de la hipófisis. La LH participa en la maduración folicular, la ovulación y la formación y mantenimiento del cuerpo lúteo. Durante el proceso de síntesis, la LH sufre modificaciones post-traduccionales como la incorporación de residuos de oligosacáridos del tipo N-, unidos con diferente porcentaje de sulfato y ácido siálico. Esta variación específica se considera la principal base bioquímica de la diferenciación entre las isoformas de carga de la LH intrahipofisaria y circulante (Nivet et al., 2012).

El polimorfismo de las gonadotropinas se ha documentado en rumiantes, y mediante el cromatoenfoque se han identificado isoformas de la LH en el suero como en la hipófisis y cuya proporción relativa es diferente. Incluso, se sabe que la proporción de estas isoformas en la circulación es distinta en diversas etapas del ciclo estral (McLaughlin y Telfer, 2010).

4.6.2. Hormona folículo estimulante (FSH). Esta hormona es también conocida como hormona estimuladora del folículo u hormona foliculoestimulante (FSH), pertenece al grupo de las gonadotropina y se encuentra en los mamíferos, incluyendo al hombre. Se sintetizada y se secretada por células gonadotropas desde la parte anterior de la glándula pituitaria. La FSH regula el desarrollo, el crecimiento, la maduración puberal y los procesos reproductivos del cuerpo. En la mujer produce la maduración de los ovocitos y en los hombres la producción de espermatozoides (Carvalho et al., 2014).

La FSH y la hormona luteinizante (LH) actúan de manera sinérgica en la reproducción. La FSH estimula la producción de ovocitos y de una hormona llamada estradiol durante la primera mitad del ciclo estral (Vasconcelos et al., 2013).

La FSH estimula la secreción de estrógenos y, en menor medida, de inhibina y otros productos proteicos producidos por las células de la capa granulosa del folículo ovárico y de las células de Sertoli. Además, aumenta el número de receptores de la LH en las células diana, aumentando la sensibilidad de dichas células a la LH (Tang et al., 2021).

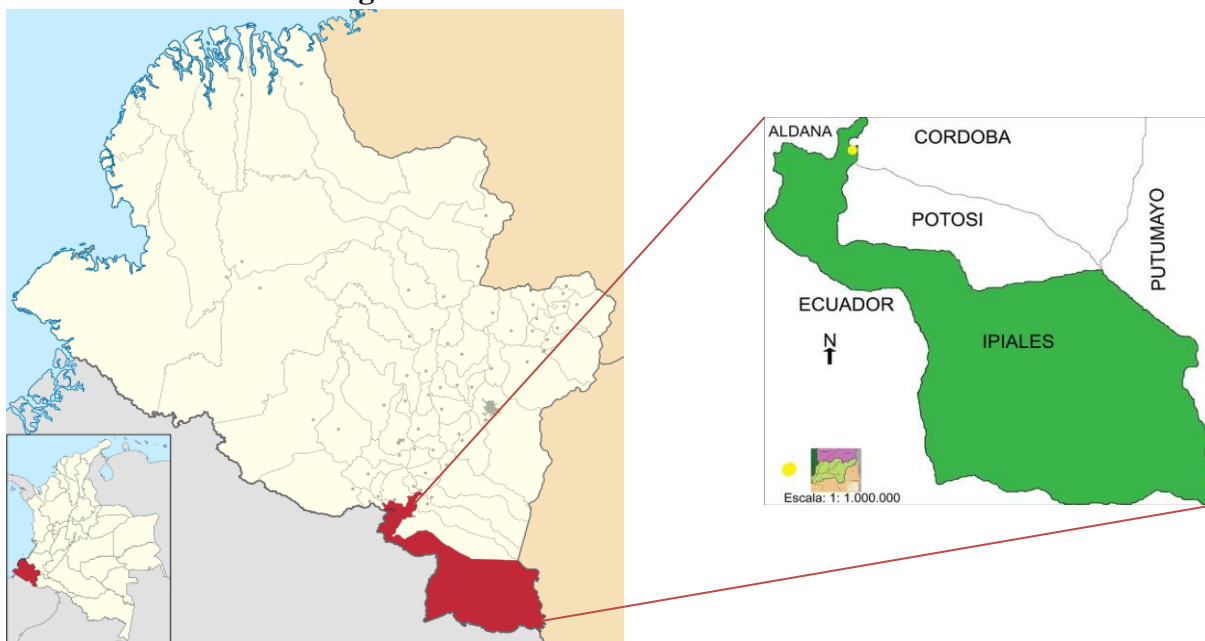
La secreción de la FSH es regulada por retroalimentación, gracias a la acción de los esteroides sexuales y otras hormonas que llegan a la hipófisis.

5. Metodología

5.1. Localización

La presente investigación se realizó en la Hacienda Michuquer de 95 Ha, ubicada en el municipio de Ipiales, corregimiento Yaramal, vereda Llano Grande, departamento de Nariño, región biogeográfica que corresponde a la tipología del bosque húmedo Montano (bh-M) según la clasificación Holdridge (1982), con una altura de 3190 msnm, en las coordenadas geográficas 0°43'52" N, 77°41'56" O. Cuenta con una temperatura promedio de 8°C, precipitación promedio anual de 820 mm/año y humedad relativa del 73% (IDEAM, 2019).

Figura 1: localización de la zona



Fuente: Misnaza, 2000.

5.2. Caracterización botánica y nutricional de las praderas en las que pastorearon las novillas Holstein mestizas.

Estas actividades se realizaron mediante aforos dobles ponderados para determinar la proporción de especies vegetales presentes en las praderas y también la composición nutricional del pastizal en el que pastorearon las novillas del ensayo.

5.3 Caracterización nutricional de las dietas.

5.3.1. Variables bromatológicas

Se tomaron muestras del forraje por medio del aforo ponderado, eliminando forraje por medio de la técnica de cuarteo y dejando una muestra de aproximadamente 1 kg, para llevarlo al laboratorio. Estas muestras se analizaron de acuerdo con los procedimientos descritos por el manual de análisis químico de alimentos (Laboratorios Especializados de la Universidad de Nariño), que basa sus metodologías en los procedimientos descritos por la AOAC (Asociation Official Chemists, 1995) de la siguiente manera:

5.3.1.1. Materia seca. Por análisis de Weende (método 930.04). Basado en la diferencia de peso mediante el secado de las muestras en estufa.

5.3.1.2. Proteína cruda. Mediante el método de Kjeldahl ($N * 6.25$) (método 955.04). Se basa en tres pasos fundamentales: digestión de la muestra con ácido sulfúrico concentrado, en presencia de un catalizador y a elevada temperatura, para transformar el nitrógeno en sulfato de amonio. La solución se alcaliniza y el amoniaco liberado se destila para su posterior titulación.

5.3.1.3. Extracto etéreo. Se realizó mediante análisis proximal o de Weende (método 962.09). El cual utiliza solventes, que generalmente son éter, cloroformo, benceno, entre otros, que, a su vez, arrastran consigo en el proceso otras sustancias diferentes a las grasas, por esto es un valor generalizado.

5.3.1.4. Ceniza. Por el análisis proximal (por calcinación a 550°C) (método 930.05). Únicamente sirve para conocer de forma aproximada el contenido mineral, mas no es un indicativo claro del valor o calidad mineral de ella.

5.3.1.5. Fibra cruda (FC). Determinado por análisis proximal (digestión ácida - básica) (método 920.39). Se basa en la ebullición alterna de la muestra con un ácido y un álcali débiles. El residuo que queda libre de componentes solubles se llama FC, descontando la ceniza.

El Análisis de Van Soest está diseñado pensando en la alimentación de rumiantes y mide la tasa de degradación de la proteína y los carbohidratos. Precisamente, para conocer cuál parte de la fibra es aprovechada por los rumiantes, Van Soest (1994) propuso dividir los componentes del alimento en 3 fracciones: muy utilizable, parcialmente utilizable y no utilizable.

5.3.1.6 Minerales. Ca, P, Mg, K, S se estimaron por oxidación húmeda, colorimetría turbidimetría y EAA.

5.4 Determinación del comportamiento productivo.

Para tal efecto se tuvo en cuenta los aforos realizados a las praderas, el tiempo de permanencia en cada potrero y los consumos de los suplementos con los cuales se valoró el incremento de peso y la conversión alimenticia de las novillas.

Subsistema animal. Para el ensayo se utilizó un grupo de nueve animales (novillas) de similar edad (27 meses), peso ($380 \pm 33,4$), condición corporal (3), estado sanitario óptimo y raza (Holstein mestizas). Éstos se seleccionaron al revisar las tarjetas individuales, se dividieron en tres grupos de 3 animales cada uno, las cuales se identificaron mediante un collar de diferente color (azul, blanco y naranja), permanecieron junto al resto de animales, para evitar interferencias en el

manejo que se da usualmente en la finca. Tan sólo en horas de la mañana se separaron para recibir el tratamiento correspondiente, los animales que recibían el tratamiento de remolacha forrajera se les suministraba 4kg/día y a los animales que recibían el tratamiento con concentrado comercial se les ofertaba 1kg/día. También se las separó para realizar la toma de muestras de sangre cada vez culminaba el respectivo tratamiento.

5.5 Determinación del comportamiento reproductivo mediante FSH y LH.

Para desarrollar este objetivo se tomó muestras de sangre antes de iniciar el ensayo y posteriormente, después de cada periodo experimental acorde al diseño crossover, dejando un lapso para evitar el efecto residual del tratamiento anterior.

5.5.1 Muestras de sangre.

De cada animal se tomaron 10 ml de sangre de la vena coccígea media, en tubos con y sin anticoagulante, estériles, previa desinfección y limpieza de la zona de toma de la muestra; estas muestras se transportaron en neveras con hielo para su conservación hasta el laboratorio.

5.6 Determinar el costo parcial del levante de novillas Holstein mestizas suplementadas a base de remolacha forrajera *B. vulgaris*.

Se llevó a cabo mediante el método de análisis parcial de costos. En este método sólo se consideró los costos variables de producción, tanto directos como indirectos, incluyendo transporte de insumos y aquellos imprevistos, en especial aquellos costos que conlleva el suministro de los alimentos suplementarios.

5.7 Diseño experimental

El experimento se desarrolló conforme a un diseño “crossover simple”, en este modelo cada sujeto, que representa un bloque completo, recibió todos los tratamientos en una secuencia ordenada a priori. En este caso se parte del supuesto que existe una tendencia esperada en la respuesta de los sujetos a través del tiempo, pero que esta tendencia es la misma para todos los sujetos. Es decir, el efecto (periodo) constituye una fuente de variación adicional, pero no existe interacción (sujeto por periodo). Para ello, se tomaron tres tratamientos con tres animales cada uno y tres periodos. Los animales pasaron por las tres dietas en tres periodos diferentes y los factores intra-sujetos se ajustaron con el diseño estadístico propuesto.

El número de secuencia fue igual al número de tratamientos, en este caso tres (3), a saber:

T0: Novillas consumiendo únicamente el pasto.

T1: Novillas consumiendo pasto más 1 kg de suplemento concentrado comercial.

T2: Novillas consumiendo pasto más 4 kg de remolacha forrajera (*B. vulgaris*).

La cantidad de remolacha a suministrar equivaldrá al aporte energético suministrado por el concentrado comercial.

El modelo lineal usado fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_{ij} + \gamma_k + \tau_{d(i,k)} + \lambda_{c(i,k-1)} + \epsilon_{ijk}$$

Y_{ijk} = Variable respuesta

μ = Media general

α_i = efecto de la secuencia de tratamiento

β_{ij} = Efecto aleatorio

$t_{d(i,k)}$ = Efecto del tratamiento

$\lambda_{c(i,k-1)}$ = Efecto del tratamiento

ε_{ijk} = el error experimental asociado al i sujeto bajo el j tratamiento y el k tiempo.

6. Análisis y Discusión de Resultados

6.1 Caracterización la composición botánica y nutricional de la pradera.

Los resultados para la composición botánica demostraron que el raigrás (*Lolium perenne*) fue la pastura predominante, con un 86,4%, seguido por el pasto kikuyo (*Cenchrus clandestinus*) (Hochst. ex Chiov.), con 10,4%, y trébol blanco (*Trifolium repens*) con 3,2%. La producción por metro cuadrado fue de 1,68 kg. El análisis bromatológico de la mezcla se puede apreciar en la Tabla 3.

Tabla 3. Análisis bromatológico de la mezcla de la pradera.

Parámetro	Unidad g	Pradera %
Humedad	-	79,95
Materia seca	-	20,05
Ceniza	g/100 g MS	7,99
Extracto etéreo	g/100 g MS	2,20
Fibra cruda	g/100 g MS	23,50
Proteína cruda	g/100 g MS	11,10
Extracto no nitrogenado	g/100 g MS	55,21
Energía Digestible	kcal/kg MS	2860,00

El contenido de materia seca (MS) muestra el estado de la pradera al momento del pastoreo, ya sea que esté en prefloración (lo más adecuado), o floración, este último no es tan aconsejable por el incremento de la insolubilidad de la parad vegetal del forraje y con ello su solubilidad. Los reportes para el pasto raigrás, kikuyo y trébol blanco indican porcentajes de 23,3, 21,2 y 23,2 de MS respectivamente (Castro et al., 2019; FEDNA, 2021; Mendoza et al., 2018), valores similares a lo observado en la Tabla 3. Se debe tener en cuenta que la materia seca es un parámetro importante para la productividad de los animales, ya que con un mayor contenido de ésta en el alimento ofertado se incrementa el aporte de nutrientes por kg de forraje verde consumido (Mejía

et al., 2017). Sin embargo, ésta no es la única medida a tener en cuenta al momento de considerar un alimento, ya que el balance y porcentaje de nutrientes presentes definen su calidad nutricional (Agudelo, 2007).

El contenido de proteína de la mezcla fue inferior a lo reportado por Egan et al. (2018) para una mezcla de pasto raigrass y trébol blanco en Irlanda, con valores de proteína del 22,7%. Esta diferencia es resultado del manejo realizado en otros países, que garantizan una buena respuesta de los pastos. El nivel de proteína no cubre los requerimientos del animal, y se necesita suplementar para tener una mayor productividad. Sin embargo, se debe diferenciar el porcentaje de calidad de la proteína, dado que esta última tiene menor importancia para los rumiantes, porque la microbiota ruminal mejora el aporte de aminoácidos de la ración a través de síntesis de novo, que permite la generación de aminoácidos esenciales (Rodríguez et al., 2007). Por ello, la relación con la energía es importante, ya que ésta permite que los microorganismos degraden otras fracciones menos digeribles para el animal, como es la fibra, y liberen sustancias que podrían ser asimiladas de otra manera (Nagaraja, 2016).

El aporte energético de la pradera es bajo, esto puede ser perjudicial para los animales, porque no permite el aporte suficiente para la síntesis de otros productos esenciales, como aminoácidos, ácidos grasos volátiles y vitaminas por parte de los microorganismos del rumen (Bach et al., 2005). Esto evidencia un inadecuado balance de los nutrientes que podría ir en detrimento de la productividad de la vacas.

De igual manera, los resultados del análisis de Van Soest se presentan en la Tabla 4. Los valores para estos parámetros muestran que la pradera estaba en buenas condiciones. Al respecto, se podría mencionar que el contenido de fibra detergente neutra (FDN) y ácida (FDA) son bajos e indican que la pradera aún no presenta un exceso de maduración como consecuencia del

envejecimiento de los forrajes (Quintero, 2009). Este es un factor importante, que demuestra una alta capacidad de digestión de la fibra del pasto por parte de la microbiota ruminal, este factor llega a limitar el potencial nutricional de los forrajes ofrecidos (Lara et al., 2010).

Tabla 4. Análisis de la fibra de la mezcla.

Parámetro	Unidad	Pradera
Fibra detergente neutra	g/100 g MS	43,80
Fibra detergente ácida	g/100 g MS	29,40
Lignina	g/100 g MS	3,17

El contenido de lignina en las especies forrajeras es importante, dado que esta fracción de la fibra cruda se encuentra altamente relacionada con la digestibilidad del pasto; esta relación es inversa, ya que un incremento de la lignina trae como consecuencia una disminución de la digestibilidad y con ello, la productividad de las novillas (Lara et al., 2010).

En la Tabla 5 se presenta los resultados para el contenido de minerales. Los valores se encuentran cercanos a los observados por Fernández et al. (2010), quienes reportan contenidos de 0,45, 0,62 y 0,30 g /100 g para calcio, fósforo y magnesio en una mezcla de raigrass, kikuyo y trébol rojo manejado con fertilización. Los minerales son importantes para el ganado vacuno según su estado fisiológico y sanitario. Así, las novillas necesitan un incremento de los nutrientes para hacer frente a las particulares necesidades que se presentan en esta etapa, como el crecimiento, las enfermedades, y la futura reproducción. Esta última exige al animal una alimentación adecuada y balanceada, que permita llegar en las mejores condiciones para la preñez y lactancia.

El calcio y el fósforo son muy importantes para el ganado bovino, ya que hacen parte del componente estructural de los animales, especialmente en los huesos y los dientes. Así, en estos tejidos se encuentra un 99% del calcio y 85% del fósforo, lo que indica su importancia para la

salud y reproducción del ganado. Además, estos minerales participan en muchas más funciones, como la transferencia de energía, la síntesis de proteína, entre otros, que son básicas para obtener novillas de reemplazo con vigor y excelente habilidad materna (Ocampo et al., 2010).

Tabla 5. Contenido de minerales en las praderas.

Parámetro	Unidad de Medida	Base Seca
Calcio	g/100g	0,33
Fósforo	g/100g	0,14
Magnesio	g/100g	0,14
Potasio	g/100g	4,7
Azufre	g/100g	0,2

Por otra parte, la relación Ca:P es alta 2,54:1. Al respecto, López (2017) indica que la relación correcta para animales en crecimiento o producción debe estar alrededor de 2:1, esto pone en evidencia un desbalance entre estos minerales que se encuentran altamente relacionados en el metabolismo del animal. Los estudios han demostrado que desajustes en esta proporción tienen como consecuencia la reducción de leche, baja utilización de nutrientes y menores ganancias de peso.

6.2 Valor nutricional de la remolacha forrajera (*B. vulgaris*).

El análisis bromatológico de la remolacha forrajera se puede ver en la Tabla 6. Al respecto, Insuasty y Jurado (2020) mencionan que el contenido de humedad de la remolacha es alto y la disponibilidad de carbohidratos es muy adecuada como fuente energética para la alimentación del ganado. Estos autores realizan un reporte de materia seca de 9,52% para remolacha forrajera cultivada en microtúnel, valor cercano a los resultados obtenidos en esta investigación.

Tabla 6. Análisis bromatológico de la remolacha forrajera.

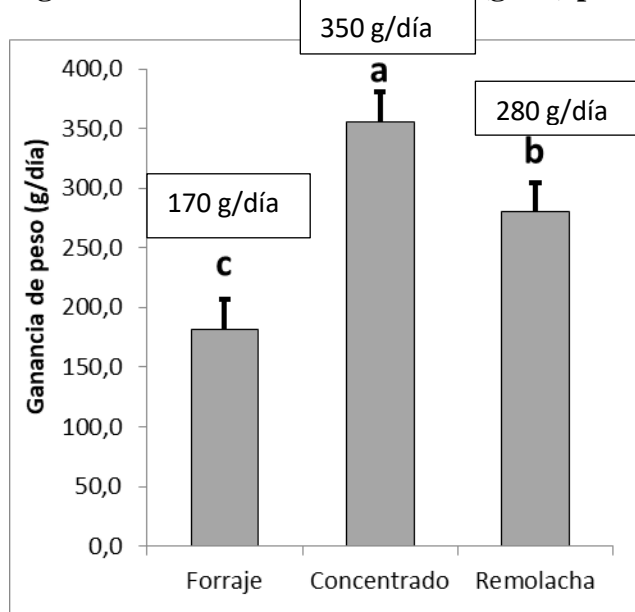
Parámetro	Unidad	Remolacha
Humedad	--	89,56
Materia seca	--	10,44
Ceniza	g/100 g MS	14,78
Extracto etéreo	g/100 g MS	1,97
Fibra cruda	g/100 g MS	21,39
Proteína cruda	g/100 g MS	14,78
Extracto no nitrogenado	g/100 g MS	47,08
Energía Digestible	g/100 g MS	3420

La remolacha forrajera es considerada como una especie energética, con alta palatabilidad y gran resistencia a las heladas, lo que la hace adecuada para su siembra en el Trópico alto del departamento de Nariño. Sus carbohidratos son altamente fermentables y por consiguiente mejora la disponibilidad de energía para los microorganismos del rumen. Sin embargo, sus contenidos de proteína son bajos, al igual que el de vitaminas, por lo que no se puede suministrar como único alimento para los animales, sino que se debe balancear con otro tipo de alimentos (McDonal et al., 2013). Esto se puede evidenciar en el análisis bromatológico presentado en la Tabla 6.

6.3 Parámetro productivos de las novillas suplementadas con remolacha forrajera *B. vulgaris*.

La ganancia de peso de las novillas se pueden observar en la Figura 1. Se encontró que ésta fue mayor para el tratamiento suplementado con concentrado, seguido por el suplemento con remolacha forrajera y finalmente el tratamiento con sólo forraje ($p < 0,05$). Los resultados demuestran que las raciones fueron diferentes para los animales, y que los suplementados tuvieron un efecto positivo sobre esta variable, con mejores resultados para el tratamiento que se suministró alimento concentrado.

Figura 1. Ganancia de peso diaria (g/día) para los distintos tratamientos.



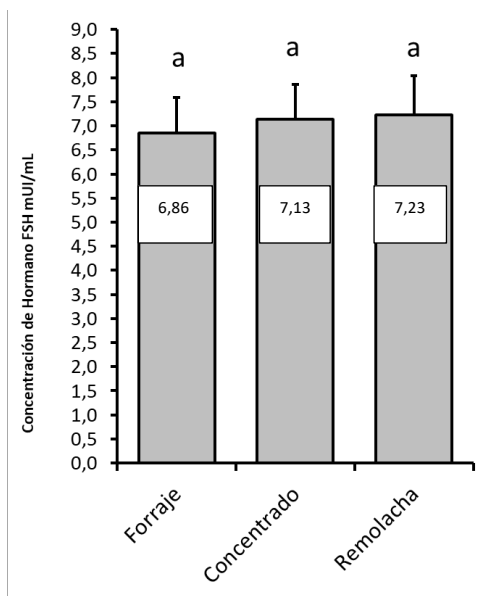
El tratamiento con suplemento concentrado mostró ganancia diarias similares a las reportadas por Iglesias et al. (2009) en novillas Holstein mestizas con un incremento diario de 410 g, lo que indica crecimiento adecuado para llegar a la reproducción. Por otra parte, la suplementación con remolacha forrajera tuvo menor ganancia de peso que la observada en el suplemento comercial. A pesar de ello, los resultados no son malos, dado que este tratamiento reveló una mayor ganancia en comparación con la pradera sola. El estudio de Espinoza et al. (2006) demostró que las novillas mestizas muestran un buen comportamiento reproductivo con ganancia de peso superior a los 300 gramos día; este valor es cercano al obtenido con la remolacha forrajera.

Las novillas que no fueron suplementadas (sólo forraje) tuvieron una menor ganancia peso, lo que corrobora los resultados observados en el análisis bromatológico, que existe un desbalance nutricional de la pradera para este tipo de animales. Lo anterior evidencia la necesidad de suplementación para obtener mejoras en los parámetros productivos y reproductivos.

6.4 Determinación de las concentraciones de FSH y LH en las novillas alimentadas con remolacha forrajera.

FSH. En la Figura 2 se observa que los tratamientos no afectaron la concentración de FSH, ya que no hubo diferencias significativas entre las tres dietas ($p>0.05$). Se halló un promedio de 6,86, 7,13 y 7,23 mUI/mL para los tratamientos con forraje, concentrado y remolacha respectivamente.

Figura 2. Concentración de FSH en sangre de ganado Holstein mestizo.



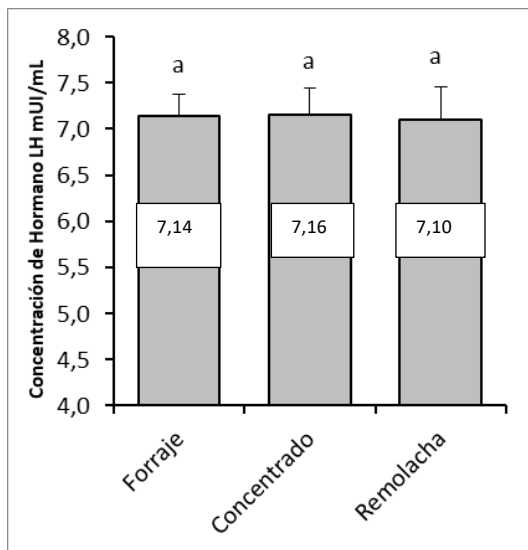
Los estudios han demostrado que la concentración de hormona folículo estimulante (FSH) puede ser alterada con una deficiencia de energía en la ración de los animales. Al respecto, Armstrong et al. (2001) encontraron concentraciones de 6,2 mUI/ml en vacas Holstein con una dieta alta en energía, mientras que observaron valores de 4,6 mUI/ml en los animales que tuvieron una deficiencia energética. De igual manera, el estudio realizado por Araujo et al. (2014) encontró concentraciones de 7,03 mUI/ml en novillas estimuladas con incremento energético. Por otro lado, el estudio realizado por Peñagaricano et al. (2013) halló que las novillas alimentadas con grasa sobrepasante tuvo un efecto benéfico en la maduración del ovocito como consecuencia de un

incremento del pulso de la hormona folículo estimulante durante la ovulación. También Macmillan et al. (2018) aceleraron el pico FSH con un incremento en el contenido energético de la ración, y con ello mejoró la multi-ovulación de vacas Holstein para transferencias de embriones. A pesar de observarse evidencias en muchos estudios realizados, los resultados de esta investigación son distintos, se debe recalcar que el consumo de remolacha se estableció con el fin de cubrir los requerimientos nutricionales del animal, este no se formuló con el fin de hacer un carga energética para las novillas, lo que explicaría los resultados obtenidos.

A pesar de observarse diferencias entre las raciones y su contenido nutricional, no se evidenció cambios en el parámetro, esto podría explicarse por la regulación que realiza el animal y la menor ganancia de peso observada en el grupo sin suplementar, que traería como consecuencia una movilización de nutrientes corporales para mantener estable la reproducción.

LH. La Figura 3 muestra que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos ($p>0.05$). La concentración de LH no se vio afectada por el tipo de ración, se encontró concentraciones de 7,14, 7,16 y 7,10 mUI/mL para los animales alimentados con forraje, concentrado y remolacha respectivamente.

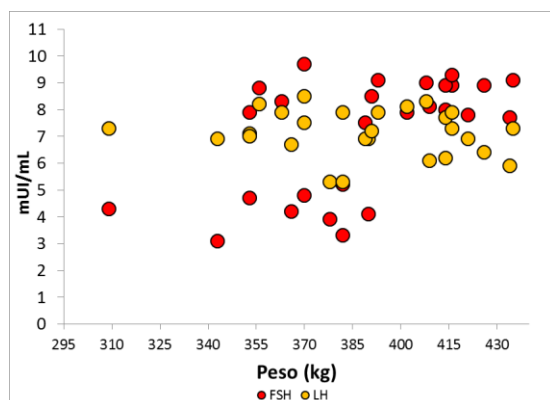
Figura 3. Concentración de LH en sangre.



Un estudio desarrollado en México determinó que la alimentación, especialmente la suplementación energética, influye sobre el pico preovulatorio de LH ($<0,05$), lo que incrementa su concentración (Castellanos et al. 2002). De igual manera, Ji et al. (2012) evaluaron los cambios en la concentración de LH con el incremento de una fuente energética, como residuos industriales de remolacha, en la ración de animales Holstein, que indicó un efecto significativo sobre la variable y estabilización del pico preovulatorio de los animales. Por otra parte, Laskowski et al. (2016) no encontraron un efecto significativo sobre la ovulación de vacas alimentadas con extracto de caña de azúcar, que ayudara con el pico de hormona LH durante la evaluación. Como sucedió para el caso de la FSH, los resultados demostraron que las concentraciones de esta hormona no se afectan por las raciones evaluadas, se debería considerar incrementar los niveles de remolacha forrajera para determinar si una mayor cantidad tiene efectos sobre su concentración en sangre. Los resultados también pueden ser consecuencia de la forma como regulan los animales la ingesta de alimento y la movilización de tejido corporal para suplir el déficit energético.

Se determinó la relación entre el peso y la concentración de FSH y LH; sin embargo, no se observa relación entre estos parámetros, como se puede ver en Figura 4. El análisis de correlación mostró un valor de 0,34 y 0,27 para LH y FSH respectivamente ($p>0,05$), lo que corrobora la no relación entre ambas variables con el peso.

Figura 4. Relación entre el peso y los parámetros sanguíneos



6.5 Costos de levante de novillas Holstein mestizas suplementadas con remolacha forrajera (*Beta vulgaris*).

En la Tabla 7 se desglosa los costos parciales de producción para cada uno de los tratamientos evaluados. El tratamiento suplementado con alimento balanceado comercial tuvo un mayor costo, lo que evidencia los problemas a que se enfrentan los productores a la hora de utilizar insumos externos. Sin embargo, se debe recordar que este tratamiento mostró mejores resultados para la ganancia de peso con respecto al tratamiento con sólo forraje y suplementado con remolacha; por lo que su utilización puede ser benéfica para el sistema. Por otra parte, los costos de producción observados con la suplementación con remolacha forrajera muestran costos muy similares a los observados con la pradera sola, lo que señala su capacidad para mejorar los parámetros productivos del hato, sin afectar la fisiología del animal (no diferencias en LH y FSH).

Tabla 7. Determinación de costos parciales de cada tratamiento.

CONCEPTO	Forraje	Concentrado	Remolacha
Costos Variables			
	<i>Alimentación y manejo</i>		
<i>Forraje</i>	65728,34	65728,34	65728,34
<i>Suplemento</i>	0	120000	3450
<i>Total alimentación</i>	65728,34	185728,34	69178,34
<i>Medicamentos y desinfectantes</i>	1250	1250	1250
SUBTOTAL	132706,68	372706,68	139606,68
En dólares*	35,49	99,68	37,34

* Precio dólar 3739.1, tomado de Expansion.com el 26 abril 2021 a las 10:21 am

El valor del forraje en la tabla 7, se estimó con base en los datos suministrados por el ganadero, el mismo que aportó los valores del concentrado comercial dado habitualmente a las novillas del proyecto, en cuanto al costo de la remolacha forrajera, se compró a 12.000 pesos los 40 kg. Para efectos de mostrar los costos parciales de cada tratamiento de esta investigación, se le dio al forraje y a los medicamentos y desinfectantes valores constantes evitando sesgos. Una vez analizados los resultados de los costos, vemos que la remolacha forrajera es una gran alternativa alimentaria para la zona del trópico alto de Nariño, por su adaptabilidad y valor nutricional.

Al respecto, los estudios que evaluaron a la remolacha forrajera como suplemento en vacas de leche indican que ésta mejora la producción y en algunos casos incrementa el porcentaje de grasa, lo que se traduce en un mayor ingreso para el ganadero (Nieto et al., 2020; Khogali et al., 2011). Estos resultados son buenos porque la reducción de los costos por concepto de alimentación tiene un gran impacto en los sistemas, dado que representa cerca del 70 por ciento de los costos de producción (Cino et al. 2004).

Conclusiones

La mezcla de los forrajes raigrass, kikuyo y trébol blanco mostró bajos niveles de proteína y energía para los requerimientos de las novillas. Se encontró un contenido de fibra bajo y una relación Ca:P inadecuada para los propósitos reproductivos de las hembras.

El valor nutricional de la remolacha forrajera muestra un buen contenido energético y su inclusión en la ración de novillas mejora la ganancia de peso en comparación con animales sin suplementar. Además, no mostró un efecto sobre las concentraciones FSH y LH en sangre de novillas.

Los costos de suplementar novillas con remolacha forrajera demostraron una reducción en beneficio del sistema productivo.

Recomendaciones

Evaluar menores porcentajes de inclusión en la ración de novillas para determinar los mejores resultados en parámetros productivos y reproductivos de los animales.

Incorporar la remolacha forrajera en la dieta de ganado lechero, para reducir la dependencia de granos o concentrados.

Promover la siembra de remolacha forrajera en las fincas ganaderas de clima frío, con la finalidad de reducir los costos de alimentación.

Referencias bibliográficas

- Agudelo, J. (2007). Efecto de la utilización de arbóreas y arbustivas forrajeras sobre la dinámica digestiva en bovinos. *Revista Lasallista de investigación*, 4(1), 40-50.
- Aguilera, J. (2012). Comparación de rendimientos en forraje y análisis bromatológicos de cuatro variedades de remolacha forrajera (*Beta vulgaris L.*) en Apodaca, N.L. 2. Universidad Autónoma Chapingo, México Biblioteca Central. 1971. En: <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=UACHBC.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=082401>
- Alegría, G. (2015). Suplementación mineral y vitamínica de vacas lecheras en trópico durante el periodo de transición: efecto sobre perfil metabólico, lácteo, hormonal y resistencia insulínica. Tesis de grado presentada como requisito parcial para optar al título de: Magíster en Ciencias Agrarias. Línea de Investigación: Producción Animal Tropical. 1-134p.
- ANALAC - Asociación Nacional de Productores de Leche y Unidad de seguimiento de precios de leche - MADR. (2013). Tabla para pago por calidad composicional y bonificaciones higiénicas región 1.
- AOAC.Official Methods of Analysis. (1995). Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, USA. 16th ed., p. 2.201-3.301.
- Apráez, J., Zambrano, G., Navia, J. (2014). Evaluation of the soil-plant relationship of a milk production system from the highlands of Nariño, Colombia. *Veterinaria y Zootecnia*, 8(1), 66-84.
- Araujo, F. (2005). Factores que afectan el consumo voluntario en bovinos a pastoreo en condiciones tropicales. Memorias. IX Seminario de Pastos y Forrajes. Universidad del Zulia, Maracaibo. Venezuela. 12 p.

- Araújo, V., Gastal, M., Figueiredo, J., Gastal, E. (2014). In vitro culture of bovine preantral follicles: a review. *Reproductive biology and endocrinology*, 12(1), 1-14.
- Armstrong, D., McEvoy, T., Baxter, G., Robinson, J., Hogg, C., Woad, K., Sinclair, K. (2001). Effect of dietary energy and protein on bovine follicular dynamics and embryo production in vitro: associations with the ovarian insulin-like growth factor system. *Biology of reproduction*, 64(6), 1624-1632.
- Bach, A., Calsamiglia, S., Stern, M. (2005). Nitrogen metabolism in the rumen. *Journal of dairy science*, 88, E9-E21.
- Benavides, J., Sánchez, L. (2010). Ensilaje de afrecho de cervecería en sistemas de producción lechera de la Sabana de Bogotá. *Revista Corpoica-Ciencia y Tecnología Agropecuaria (Colombia)*, 11, 165-172.
- Biondo, P., Boeing, J., Barizão, E., Ned, S., Matsushita, M., Oliveira, F. (2014). Evaluation of beetroot (*Beta vulgaris* L.) leaves during its developmental stages: a chemical composition study. *Food Sci Technol (Campinas)*, 34(1): 94–101.
- Campos, G., García, A., Hernández, E., Giraldo, P. (2012). Protein and Mineral Metabolites for Dairy Cows during the Transition Period under Tropical Conditions. *Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín*, 65(2), 6719-6728.
- Cardona, J. (2012). Pastos y especies forrajeras como sustento alimenticio más abundante y barato para bovinos. *Pastos y Especies Forrajeras*, FEDEGAN. 2012.
- Cardoso, F., LeBlanc, S., Murphy, M., Drackley, J. (2013). Prepartum nutritional strategy affects reproductive performance in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 96:5859–5871.

- Carvalho, P., Hackbart, K., Bender, R., Baez, G., Dresch, A., Guenther, J., Fricke, P. (2014). Use of a single injection of long-acting recombinant bovine FSH to superovulate Holstein heifers: A preliminary study. *Theriogenology*, 82(3), 481-489.
- Castellanos, A., Pendás, R., Dafonte, G. (2002). Determinación de la hormona luteinizante (LH) en plasma por un métodos inmunoenzimático. *Revista Cubana de Investigación Biomedica*. 2002;2(1):15-20.
- Castro, E., Cardona, J., Hernandez, F., Valenzuela, M., Avellaneda, Y. (2019). Evaluation of three *Lolium perenne* L. cultivars with dairy cows, in the high tropic of Narino-Colombia. *Pastos y Forrajes*, 42(2), 151-160.
- Cino, D., Martín, P., Torres, V. (2004). Estudio económico preliminar de alternativas de producción de leche bovina. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 38(1), 3-11.
- Corporación Colombia Internacional. CCI. Sembramos a Colombia por el mundo (2013). Caracterización de la comercialización de cuatro cuencas lecheras. Bogotá. D.C. 190 p.
- Dadkhah, A. (2011). Effect of salinity on growth and leaf photosynthesis of two sugar beet (*Beta vulgaris* L.) cultivars. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 13, 2011, p. 1001-1012.
- DANE. (2011). Departamento Administrativo Nacional de Estadística. Dirección de Metodología y Producción Estadística – DIMPE – Resultados Encuesta Nacional Agropecuaria ENA. 24p.
- Egan, M., Galvin, N., Hennessy, D. (2018). Incorporating white clover (*Trifolium repens* L.) into perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) swards receiving varying levels of nitrogen fertilizer: Effects on milk and herbage production. *Journal of Dairy Science*, 101(4), 3412-3427.

- Espinoza, F., Argenti, P., Carrillo, C., Araque, C., Torres, A., Valle, A. (2006). Uso estratégico de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en novillas mestizas gestantes. *Zootecnia Tropical*, 24(2), 95-107.
- Esposito, G., Irons, P., Webb, E., Chapwanya, A. (2014). Interactions between negative energy balance, metabolic diseases, uterine health and immune response in transition dairy cows. *Animal Reproduction Science*, 144(3), 60-71.
- FAO. (2016). Estadísticas elaboradas a partir de FAOSTAT.
- FEDEGAN. Federación Colombiana de Ganaderos. (2014). Análisis del Inventario Ganadero Colombiano. Oficina de Planeación.
- FEDEGAN. Federación Colombiana de Ganaderos. (2016). Balance y perspectivas del sector ganadero colombiano. Oficina de Planeación.
- FEDEGAN. Federación Colombiana de Ganaderos. (2012). En: www.fedegan.org.co/
- FEDNA. Forrajes. (2021). <http://fundacionfedna.org/forrajes/introducci%C3%B3n-forrajes>.
- Fernández, H., Cesín, A., Ramírez, B., Martínez, D. (2010). Producción de forraje y ganadería lechera en el suroeste de Tlaxcala, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 12(3), 639-648.
- Gibbs, J., Saldias, B., Trotter, C. (2015). *Feeding fodder beat in lactation and to replacement heifers*. Proceedings of the South Island Dairy Even, Lincoln University Press. pp. 241-252.
- Holdridge, L. (1982). Determination of world plant formations from simple climatic data. *Science* 105(2727):367-368. 1947.

- Iglesias, J., Simón, L., García, R. (2009). Crianza de hembras de reemplazo del genotipo 5/8 Holstein por 3/8Cebú en un sistema de asociación de pastos con árboles. *Pastos y Forrajes*, 32(1), 1-1.
- INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM). (2019). Clima: Precipitación mensual de servicios climáticos. (12 enero de 2019).
- Insuasty, E., Jurado, H. (2020). Remolacha forrajera *Beta vulgaris* sembrada en microtúneles y su efecto en parámetros productivos del cuy Forage beet *Beta vulgaris* planted under micro tunnels and the effect on productive. *Revista MVZ cordoba*, 34, 2: 45-52.
- Janovick, N., Drackley, K. (2010). Prepartum dietary management of energy intake affects postpartum intake and lactation performance by primiparous and multiparous Holstein cows. *Journal of Dairy Scienc.* 93:3086–3102.
- Janovick, N., Boisclair, N., Drackley, P. (2011). Prepartum dietary energy intake affects metabolism and health during the periparturient period in primiparous and multiparous Holstein cows. *Journal of Dairy Science.* 94:1385–1400.
- Ji, P., Osorio, J., Drackley, J., Loor, J. (2012). Overfeeding a moderate energy diet prepartum does not impair bovine subcutaneous adipose tissue insulin signal transduction and induces marked changes in peripartal gene network expression. *Journal of Dairy Science*, 95(8), 4333-4351.
- Khogali, M., Dagash, Y., El, M. (2011). Productivity of fodder beet (*Beta vulgaris* var.*Crassa*) cultivars affected by nitrogen and plant spacing. *Agriculture and Biology Journal of North America* 2(5): 791–798.

- Khogali, M., Dagash, Y., El, M. (2011). The feeding value of fodder beet (*Beta vulgaris* var. *Crassa*) versus fodder sorghum abu sabein (*Sorghum bicolor* L. *moench*) under Sudan conditions. *Assiut Veterinary Medical Journal*, 57(128), 34-54.
- Laskowski, D., Sjunnesson, Y., Humblot, P., Andersson, G., Gustafsson, H., Båge, R. (2016). The functional role of insulin in fertility and embryonic development—What can we learn from the bovine model *Theriogenology*, 86(1), 457-464.
- Lara, C., Oviedo, L., Betancur, C. (2010). Efecto de la época de corte sobre la composición química y degradabilidad ruminal del pasto *Dichanthium aristatum* (Angleton). *Zootecnia Tropical*, 28(2), 275-282.
- López, D. (2017). Caracterización bromatológica de pellets elaborados a partir de subproductos agropecuarios para la alimentación de bovinos. *Revista Tecnología en Marcha*, 30, 73-81.
- Macmillan, K., Kastelic, J., Colazo, M. (2018). Update on multiple ovulations in dairy cattle. *Animals*, 8(5), 62.
- McDonald, P., Edwards, R., Greenhalgh, J., Morgan, C. (2013). *Nutrición animal*. Editorial acribia. Madrid: España.
- McLaughlin, M., Telfer, E. (2010). Oocyte development in bovine primordial follicles is promoted by activin and FSH within a two-step serum-free culture system. *Reproduction*, 139(6), 971-978.
- Mejía, E., Mahecha, L., Angulo, J. (2017). Consumo de materia seca en un sistema silvopastoril de *Tithonia diversifolia* en trópico alto. *Agronomía Mesoamericana*, 28(2), 389-403.
- Mendoza, S., Hernández, A., Rojas, A., Vaquera, H., Ramírez, O., Castro, R. (2018). Comportamiento productivo de pasto ballico perenne solo y asociado con pasto ovillo y trébol blanco. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 9(2), 343-353.

- Misnaza, L. (2000). La soledad de los campesinos. Historia, cultura y persistencia de una comunidad. 2010. Mapa de la zona En: <https://docplayer.es/85141717-Luis-alberto-misnaza-ramirez.html>
- Nagaraja, T. (2016). Microbiology of the rumen. *Rumenology* 12,4: 39-61.
- Nieto, D., Lagos, E., Avellaneda, Y., Castro, E. (2020). Productivity of dairy cows supplemented with silage of fava bean or fodder beet. *Agronomía Mesoamericana*, 31(2), 341-351.
- Nivet, A., Bunel, A., Labrecque, R., Belanger, J., Vigneault, C., Blondin, P., Sirard, M. (2012). FSH withdrawal improves developmental competence of oocytes in the bovine model. *Reproduction*, 143(2), 165.
- Ocampo, R., Martínez, P., Serna, R., Gallardo, H. (2010). Nutrición mineral en el ganado bovino. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 36 (8): 210-219.
- Peñagaricano, F., Souza, A. Carvalho, P., Driver, A. Gamba, R., Kropp, J. Khatib, H. (2013). Effect of maternal methionine supplementation on the transcriptome of bovine preimplantation embryos. *PloS one*, 8(8), e72302.
- Plazas, R., González, M. (2012). Comparación de dos sistemas de cría de terneras Holstein, pastoreo y estabulación en la finca Villa María municipio Firavitoba – Boyacá. *Conexión Agropecuaria*, 2:15-24.
- Programa de Mejoramiento Genético. (2009). Informe final convenio “Caracterización y Evaluación Genética de la Población Bovina Lechera del Trópico Alto de Nariño para la Conformación de Núcleos de Selección”, Universidad de Nariño, Pasto – Colombia.
- Quintero, Q. (2009). *Valor nutritivo de los forrajes* (No. Doc. 2681)* CO-BAC, Santafé de Bogotá).

- Rivas, P., Suárez, A., Ramírez, E. (2011). Influencia de las hormonas metabólicas y la nutrición en el desarrollo folicular en el ganado bovino: implicaciones prácticas. *Revista de Medicina Veterinaria*, 21, 155–173.
- Rodríguez, R., Sosa, A., Rodríguez, Y. (2007). La síntesis de proteína microbiana en el rumen y su importancia para los rumiantes. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 41(4), 303-311.
- Santini, F. (2014). *Conceptos básicos de la nutrición de ruminantes*. En: Nutrición Animal Aplicada. INTA.
- Solarte, C., Zambrano, G. (2012). Characterization and genetic evaluation of Holstein cattle in Nariño, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 25(4), 539-547.
- Tang, X., Ma, L., Guo, S., Liang, M., Jiang, Z. (2021). High doses of FSH induce autophagy in bovine ovarian granulosa cells via the AKT/mTOR pathway. *Reproduction in Domestic Animals*, 56(2), 324-332.
- Tituaña-Tipán, M. *Estudio de factibilidad y comercialización de remolacha azucarera (Beta vulgaris var. altissima) en el canton de Quito, provincia de Pichincha*. 2011. En <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/728/1/99927.pdf>
- Van-Soest, P. (1994). *Nutritional Ecology of the ruminant*. Cornell University Press. II Edition. 108, 195, 475 p.
- Vasconcelos, G., Saraiva, M., Costa, J., Passos, M., Silva, A., Rossi, R. Silva, J. (2013). Effects of growth differentiation factor-9 and FSH on in vitro development, viability and mRNA expression in bovine preantral follicles. *Reproduction, Fertility and Development*, 25(8), 1194-1203.