

UCUENCA

Universidad de Cuenca

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Carrera de Medicina Veterinaria

Reemplazo de la pasta de soya por el grano de chocho (*Lupinus mutabilis*) en un alimento balanceado para vacas lecheras

Trabajo de titulación previo a la
obtención del título de
Médica Veterinaria

Autoras:

Mercy Maribel Muy Pulgarín

Maritza Katalina Sarmiento Contreras

Tutor:

Guillermo Emilio Guevara Viera

ORCID:  0000-0003-3832-9090

Cuenca, Ecuador

2023-07-25

Resumen

Este trabajo evaluó el efecto del reemplazo de pasta de soya por grano de chocho (*Lupinus mutabilis*) en un alimento balanceado para vacas lecheras. Para ello, 12 vacas de raza Holstein Friesian alojadas en la Granja Irquis (Universidad de Cuenca) fueron divididas aleatoriamente en dos grupos según la suplementación del alimento balanceado: grupo 1, (n = 6) grano de lupino y grupo 2 (n = 6) pasta de soya. El experimento constó de tres periodos de seis días, con tres días de adaptación cada uno, dando un total de nueve días para cada periodo. Se aplicó dos tratamientos: T1 (alimento balanceado con lupino) y T2 (alimento balanceado con soya), estos fueron administrados en una cantidad de 2,75 kg/día, distribuida en la mañana y en la tarde después del ordeño a cada animal. El grupo uno consumió el T1 en el primer y tercer periodo y el T2 en el segundo periodo (T1-T2-T1); el grupo dos consumió el T2 en el primer y tercer periodo y el T1 en el segundo periodo (T2-T1-T2). Se llevó un registro diario de la producción láctea de cada vaca en los tres periodos. El último día de cada periodo se tomaron muestras de 50 ml de leche de cada animal para analizar proteína, lactosa, grasa, sólidos totales, sólidos no grasos, densidad y pH. Los resultados de producción láctea y calidad de la leche: porcentaje de grasa, sólidos totales, densidad y pH no presentaron diferencia significativa ($P > 0,05$) entre ambos tratamientos. Sin embargo, el T2 presentó significancia ($P < 0,05$) en proteína, lactosa y sólidos no grasos. Referente a costos de producción láctea, para producir un kilogramo de leche usando soya o lupino se requiere \$ 0.15 y \$ 0.19 correspondientemente. En conclusión, el lupino puede reemplazar efectivamente a la pasta de soya en la alimentación para vacas lecheras ya que logra influir en la producción láctea a niveles similares que la soya.

Palabras clave: lupino, proteína, producción, leche, vacas

Abstract

This work evaluated the effect of replacing soybean paste with lupin bean (*Lupinus mutabilis*) in a balanced feed for dairy cows. For this purpose, 12 Holstein Friesian dairy cows housed at the Irquis Farm (University of Cuenca) were randomly divided into two groups according to feed supplementation: group 1, (n = 6) lupine grain and group 2 (n = 6) soybean paste. The experiment consisted of three six-day periods, with three days of adaptation each, giving a total of nine days for each period. Two treatments were applied: T1 (balanced with lupine) and T2 (balanced with soybean), these were administered in an amount of 2.75 kg/day, distributed in the morning and in the afternoon after milking to each animal, group one consumed T1 in the first and third period and T2 in the second period (T1-T2-T1); group two consumed T2 in the first and third period and T1 in the second period (T2-T1-T2). A daily record was kept of the milk production of each cow in the three periods. On the last day of each period, 50 ml of milk samples were taken from each animal to analyze protein, lactose, fat, total solids, non-fat solids, density and pH. The results of milk production, milk quality, fat percentage, total solids, density and pH showed no significant difference ($P > 0.05$) between both treatments. However, T2 presented significance ($P < 0.05$) in protein, lactose and non-fat solids. Regarding milk production costs, to produce one kilogram of milk using soybean or lupin requires \$ 0.15 and \$ 0.19 respectively. In conclusion, lupine can effectively replace soybean paste in dairy cow feed because it can influence milk production at similar levels as soybean.

Keywords: lupine, protein, production, milk, cows

Índice de contenido

Introducción.....	13
Objetivos.....	15
2.1. Objetivo general.....	15
2.2. Objetivos específicos	15
3. Revisión bibliográfica	15
3.1 Importancia de la producción láctea en el Ecuador	16
3.2. Composición química de la leche.....	17
3.3. Factores que influyen en la calidad de la leche	18
3.4. Alimentación y suplementación de la vaca lechera	19
3.5. Perfil nutricional y energético de la vaca lechera.....	20
3.6. Importancia de la proteína en la ración de rumiantes	22
3.6.1. Digestión y absorción de las proteínas.....	23
3.7.Cultivo de soya en Ecuador	23
3.8. Importancia de la soya en la elaboración de alimentos balanceados	24
3.9. Pasta de soya en la alimentación de vacas lecheras	24
3.10. Factores que dificultan la producción de soya en Ecuador.....	25
3.11. Cultivo de <i>Lupinus mutabilis Sweet</i> en Ecuador	26
3.12. Uso de lupino en la alimentación de diferentes especies animales	27
3.13. Contenido de aminoácidos y ácidos grasos entre el lupino y la soya	28
3.14. Diseño Switchback para la experimentación en vacas lecheras.....	31
3.15. Comparación del diseño Switchback con otros diseños experimentales	32
4. Materiales y métodos	34
4.1. Materiales.....	34
4.1.1. Materiales físicos.....	34
4.1.2. Materiales biológicos.....	34
4.2. Localización	34
4.3. Diseño experimental.....	34
4.3.1. Variables.....	36
4.4. Metodología	36
4.4.1. Desamargado y detoxificación del grano de chocho.....	36
4.4.2. Estudio bromatológico.....	36

4.4.3. Formulación de los alimentos balanceados	37
4.4.4. Elección de los animales	39
4.4.5. Alimentación de las vacas en tratamiento	40
4.4.6. Producción láctea por vaca	40
4.4.7. Calidad de la leche	40
4.4.8. Costo de producción del balanceado.....	41
5.1. Resultados y discusión.....	42
5.1. Estudio bromatológico del lupino.....	42
5.3. Calidad de la leche.....	44
5.4. Costos de producción.....	48
Conclusiones	49
Recomendaciones	50
Referencias.....	51

Índice de tablas

Tabla 1 Comparación del contenido de aminoácidos del lupino y la soya	30
Tabla 2 Contenido de ácidos grasos totales del lupino y la soya en %.....	31
Tabla 3 Esquema de diseño Switchback (doble reverso)	35
Tabla 4 Bromatología de la pasta de soya	37
Tabla 5 Formulación de dieta con lupino para bovinos lecheros en la Granja Irquis	38
Tabla 6 Formulación de dieta con soya para bovinos lecheros en la Granja Irquis	39
Tabla 7 Composición bromatológica de Lupino mutabilis sweet desamargado	42
Tabla 8 Producción láctea de los últimos tres días de cada período	43
Tabla 9 Composición bromatológica de la leche	45
Tabla 10 Características organolépticas de la leche	47
Tabla 11 Costos entre soya y lupino para la elaboración de alimentos balanceados	48

Acrónimos

APROBAL: Asociación de Productores de Alimentos Balanceados

BNE: Balance Energético Negativo

CL: Cuadrado Latino

CLA: Ácido Linoleico Conjugado

CMS: Consumo de Materia Seca

CNE: Carbohidratos No Estructurales

CNF: Carbohidratos No Fibrosos

CORSOYA: Corporación de Sojeros de Ventanas

DBCA: Diseño de Bloques Completos al Azar

DCA: Diseño Completamente al Azar

EE: Error Estándar

EM: Energía Metabolizable

FAOSTAT: Base de Datos Estadísticos de la Organización para la Agricultura y la Alimentación

FC: Fibra Cruda

FDN: Fibra Detergente Neutra

INEC: Instituto Nacional de Estadística y Censos

INEN: Instituto Ecuatoriano de Normalización

MAG: Ministerio de Agricultura y Ganadería

MS: Materia Seca

NNP: Nitrógeno No Proteico

NRC: National Research Council

PC: Proteína Cruda

PNDR: Proteína No Degradable en el Rumen

RDP: Proteína Degradable en Rumen

SNG: Sólidos No Grasos

T1: Tratamiento Uno

T2: Tratamiento Dos

TM: Tonelada Métrica

UE: Unidades Experimentales

Agradecimiento

En primer lugar, le doy gracias a Dios, quien me ha permitido llegar hasta este momento de mi vida y cumplir una meta más, sin su bendición y amor no hubiese podido llegar hasta aquí.

Agradezco también a mis padres Teresa y Luis, por su apoyo desde que inicié mis primeros pasos en un aula de escuela hasta este momento que culmino mi educación profesional.

A mi prometido Luis, por su apoyo incondicional durante los últimos años de mi carrera en la universidad, por su amor y paciencia en todo tiempo.

A mis hermanos, Verónica, Diana y Edwin, a mi cuñado Pablo, quienes me han abrazado con su cariño y amor en momentos tristes y alegres.

A mis sobrinos Gabriel y Andrés, quienes a pesar de su corta edad me han motivado a culminar mis estudios y ser un ejemplo de perseverancia para ellos.

A nuestro tutor y asesor de tesis, Ing. Guillermo Guevara que nos ha dado su tiempo, ayuda y dedicación para que el presente trabajo llegue a su fin con éxito.

Al Ing. Raúl Guevara, por toda la colaboración y ayuda que nos ha prestado durante todo el proceso del trabajo de tesis.

A nuestros revisores de tesis Dr. Diego Rodríguez y Dr. Jhonny Narváez por haber aceptado ser parte, dedicar tiempo y empeño a esta actividad.

Finalmente agradezco a mi compañera de tesis Maritza, por haber confiado en mí para poner en marcha este trabajo.

Mercy Maribel Muy Pulgarín

Agradecimiento

Agradezco a Dios quien guía el destino de mi vida, por darme sabiduría y fortaleza en todo momento siendo el pilar fundamental en el cumplimiento de todos mis sueños y metas.

A mis padres Hugo y Mayta, por confiar en mí, por ser unos maravillosos y amorosos padres que han luchado junto a mí por verme cumplir todos mis propósitos, todo esto es gracias a ustedes.

A mis hermanos Melina, Noelia, Manoli y Huguito, que son lo más valioso que tengo en la vida, por estar en todo momento junto a mí y ser el apoyo más sincero e importante.

A toda mi familia, por estar siempre presente y brindarme su apoyo incondicionalmente, especialmente a mi abuelita Enriqueta por su sabiduría, amor y consejos.

A nuestro querido tutor de tesis, el Ing. Guillermo Guevara que desde el primer momento creyó en nosotras, gracias por sus consejos, esfuerzo, dedicación y guía fundamental para realizar este trabajo.

Al Ing. Raúl Guevara, Dr. Diego Rodríguez y Dr. Jhonny Narváez por todo su compromiso y profesionalismo prestado en la elaboración de este trabajo.

A Maribel, por su entrega y dedicación para que este trabajo de titulación haya concluido de manera exitosa, afianzando nuestros lazos de amistad y compañerismo.

A mis grandes amigos y compañeros Máximo, Fanny, Deby, Eli y Christian, gracias por todos estos años de amistad, consejos y apoyo incondicional, los quiero mucho.

Maritza Katalina Sarmiento Contreras

Dedicatoria

El presente trabajo, fruto de mi esfuerzo y dedicación va dedicado con mucho amor a Dios por haberme permitido llegar hasta aquí y que mis anhelos se hagan realidad. A mis padres, hermanos y sobrinos, por ser el pilar fundamental de mi vida. A mi prometido por ser un ejemplo de inspiración para alcanzar el éxito de culminar mi carrera universitaria. A todas las personas que han sido un apoyo y pieza clave durante toda mi formación académica, me han ayudado en todo momento y que gracias a ellos hoy me convierto en profesional.

Mercy Maribel Muy Pulgarín

Dedicatoria

Este trabajo de titulación está dedicado a las personas más importantes de mi vida, mis padres y hermanos, quienes han permanecido junto a mí de una manera incondicional, siendo el apoyo más grande para cumplir esta meta.

Maritza Katalina Sarmiento Contreras

Introducción

El género *Lupinus* tiene su origen en la región andina de Perú, Bolivia y Ecuador ya que en estos tres países se encuentra la mayor parte de variabilidad genética de la especie *Lupinus*, donde se han identificado 83 especies, de las cuales las más comunes son: *L. mutabilis*, *L. luteus*, *L. angustifolius* y *L. albus*. Este grano tiene un gran potencial para la nutrición humana y animal, y debido a su alto contenido de proteínas es conocido como la soya andina (Jacobsen & Sherwood, 2002). El lupino era ampliamente cultivado en la región sierra del país, sin embargo, esto ha disminuido de forma drástica ya que según los agricultores no se puede competir con otras leguminosas propias o importadas que se comercializan más y generan mayores ingresos (Chiguachi, 2017).

Actualmente, en Ecuador la harina de soya es la materia prima más importante en la industria del balanceado por todas las características nutricionales, en especial por el elevado porcentaje de proteína que posee, sin embargo, el país depende de importaciones para cubrir la demanda nacional. En el 2022 APROBAL (Asociación de Productores de Alimentos Balanceados) indicó que el país importó 1'490.000 Tm de harina de soya. El sector agrícola ecuatoriano ofrece únicamente 20 mil hectáreas de cultivo de este grano, mientras que se requiere de 750 mil hectáreas de cultivo para cubrir el total de la demanda. Por otro lado, Ecuador produce aproximadamente 40.000 Tm de soya, del total producido solo una parte es destinado para la elaboración de alimentos balanceados y otra para elaboración de otros subproductos como el aceite de soya. Por tanto, APROBAL recomienda que se empiecen a buscar opciones para sustituir a la soya que ofrezcan el mismo contenido de nutrientes (APROBAL, 2022).

Así mismo, Peralta (2016) manifiesta que el país ha optado por la importación de granos de cereales para la elaboración de alimentos balanceados para cubrir la demanda del mercado nacional, ya que los cultivos propios del país no satisfacen dichas demandas.

Las semillas de lupino son consideradas una buena alternativa para emplearse como fuente proteica en la alimentación de vacas lecheras. En la actualidad la harina de este grano se considera como un sustituto de la harina de soya para la elaboración de piensos para el ganado bovino, piscicultura y explotaciones avícolas (Chiguachi, 2017). El lupino es reconocido por su elevado contenido de proteína y ácidos grasos lo cual le hace una buena alternativa para la nutrición animal, a la vez, es una fuente importante de metabolitos primarios y secundarios, son bastante resistentes a condiciones adversas como plagas, heladas o sequías (Ortega-David et al., 2010).

Froidmont & Bartiaux-Thill (2004) en su investigación realizada en vacas lecheras, sustituyeron a la soya por el grano de lupino y guisantes, donde determinaron que la producción láctea fue superior y aumentó la grasa de la leche al usar el grano de lupino reemplazando a la soya en un 75%, por lo tanto, los autores determinaron que las semillas de lupino pueden reemplazar eficientemente a la soya para la alimentación de vacas lecheras en alta producción.

Emile et al., (1991) por su parte, usaron el *Lupinus albus* para sustituir a la soya en vacas lecheras en tres ensayos donde concluyen que este grano puede ser usado para elaborar concentrados y sustituir a la soya. De la misma manera, May et al., (1993) realizaron un estudio en ganado lechero donde usaron el *Lupinus albus* para sustituir a la soya, llegaron a la conclusión que las vacas alimentadas con lupino tuvieron un desempeño productivo muy similar a las vacas que consumieron soya, pudiendo el lupino ser usado eficientemente para la alimentación de vacas lecheras.

En el caso de Europa, el cultivo del lupino es insuficiente para garantizar un suministro constante a la industria alimentaria, convirtiéndose la soya en la fuente principal de proteína para alimentos y piensos, pero también depende de importaciones para abarcar el 70% de las necesidades proteicas, por ello se considera al lupino como una alternativa para convertirse en una fuente proteica importante en sustitución de la soya (Lucas et al., 2015).

En la actualidad, son escasos los reportes en los que se mencione que el lupino ha sido usado como una opción para sustituir otras fuentes proteicas que brindan diferentes granos tradicionales en la elaboración de los balanceados y que esto influya o no sobre la producción y calidad de la leche. Por lo tanto, esta alternativa debería ser estudiada a nivel local para generar nuevas posibilidades en cuanto a la formulación de alimentos balanceados que satisfagan las necesidades nutricionales de las vacas lecheras.

Por lo expuesto anteriormente, la presente investigación se plantea el objetivo de implementar el grano *Lupinus mutabilis sweet* como una alternativa para la elaboración de un alimento balanceado para vacas lecheras, determinar su influencia en la producción y calidad de la leche. A la vez, se pretende comparar los costos de producción por litro de leche tanto para el uso del grano de lupino como de la soya. Es evidente que los costos de producción del lupino son mayores que la soya a pesar que ésta última se importa, sin embargo, si se proyecta a futuro un incremento de cultivos de lupino para sustituir a la soya, los costos de producción reducirían, ya que la comercialización del lupino aumentaría y se obtendría sin la necesidad de importación

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

Evaluar el efecto del reemplazo de pasta de soya por el grano de chocho (*Lupinus mutabilis*) en un alimento balanceado para vacas lecheras.

2.2. Objetivos específicos

- Determinar la composición bromatológica del grano de chocho (*Lupinus mutabilis*).
- Comparar un alimento balanceado tradicional con su variante alternativa que reemplace la pasta de soya por el grano de chocho (*Lupinus mutabilis*) sobre la producción y calidad de la leche.
- Comparar los costos de producción láctea entre los dos balanceados utilizados.

3. Revisión bibliográfica

3.1 Importancia de la producción láctea en el Ecuador

En el Ecuador la industria láctea es uno de los sectores más importantes que interviene en la economía del país, tanto en lo referente a la generación de empleo ya sea directo o indirecto, espacio territorial y valor agregado (Brassel et al., 2007). Así mismo, se debe mencionar que en la última década se ha evidenciado una evolución de la economía gracias al traslado de proveedores de bienes privados y fuentes de energía no renovables a la creación de industrias, lo cual fomenta y fortalece el sector productivo en el cual incluye el crecimiento de la cadena láctea (Zambrano et al., 2017).

En los últimos años, la leche ha sido considerada como el único producto tradicional que genera relativamente un ingreso seguro a los pequeños productores. Esto se debe a que a medida que aumenta la población, aumenta la demanda de lácteos y sus derivados. Tanto el sector artesanal como industrial, han respondido a este aumento de demanda, ya sea ampliando sus capacidades o modernizando sus procesos de producción (Aubron et al., 2013).

En Ecuador la industria láctea se desarrolla en un sistema productivo donde el pastoreo de forrajes de calidad variable es el predominante. Esta práctica es sin duda una de la más frecuentes ya que en el país existen condiciones favorables para realizarlas, de igual manera considerando que los costos de producción y el precio actual de la leche obligan a los productores a implementar prácticas de alimentación al menor costo posible y alta calidad (Francisco et al., 2019).

En los últimos años la producción de leche ha incrementado un 2 a 3% por vaca por año y con ello, los requerimientos nutricionales para satisfacer las demandas de una vaca lechera, lo cual lleva a subir las necesidades energéticas y una mayor demanda en cuanto a la densidad de nutrientes, por ello se busca mejorar la calidad de alimento que se brinda a los animales para cubrir dichas demandas (Eastridge, 2006).

En el 2021, la producción láctea a nivel del país fue de 5,70 millones de litros diarios, esta cantidad es producida por las tres regiones del Ecuador donde la mayor parte proviene de la Sierra, seguido de la Costa y finalmente la Amazonía. En todo el país hay un total de 846 715 cabezas de ganado que son ordeñadas diariamente según el último dato otorgado por el INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos). Se puede decir que esta producción es

consecuencia en gran parte de la alimentación a base de concentrados, donde la soya toma un papel muy importante aportando diferentes nutrientes, sobre todo proteína. Durante este mismo año, la producción total láctea a nivel del país decreció un 7% en comparación con el año 2020, así mismo, Pichincha abarcó el 18 % del total de la producción (ESPAC, 2021).

En Ecuador, la provincia de Pichincha posee la mayor concentración láctea con alrededor de 845 000 litros, seguido de la provincia del Azuay con 561 000 litros y en tercer lugar se encuentra Cotopaxi con aproximadamente 484 000 litros. Por ello, la sierra ecuatoriana abarca la mayor producción láctea a nivel de todo el país con un 64% de la producción, la región costa representa un 30%, mientras que la región oriental tiene un 6% del total de la producción (Crespo et al., 2019).

3.2. Composición química de la leche

La leche de las vacas Holstein está compuesta aproximadamente por un 88% de agua y 12 % de sólidos totales, mismos que incluyen proteína, grasa, vitaminas, minerales, microorganismos y células somáticas (Fernández et al., 2018). La densidad relativa se encuentra en un rango de 1,028 a 1,033 g/ml, un pH de 6,5 a 6,8 y una densidad de 16 a 17 por cada 100 ml de leche de NaOH al 0,1N. La relación entre estos componentes generalmente es muy estable y pueden ser utilizados para indicar si existe alguna adulteración (Vargas, 2001).

La cantidad de lactosa que sintetiza una célula, es la misma que determina la cantidad de agua secretada, haciendo relación a la producción de leche por vaca, ya que el principal componente de la leche es el agua. Juega un papel muy importante en la determinación del volumen de la leche, y esto se debe a la solubilidad de la lactosa en el agua. Conforme la lactosa es sintetizada en la célula mamaria, se presenta un desbalance osmótico en esta célula, que es corregido por la absorción de agua (Zambrano et al., 2017).

La grasa es sintetizada en las células secretoras de la glándula mamaria constituyendo aproximadamente el 3% de la leche. En la leche llega a ser el componente con mayor variabilidad, siendo observada en vacas de la misma raza, pero con diferente alimentación. Siendo la concentración de la fibra presente en la dieta o la relación entre el forraje y el concentrado el factor que más interfiere en el porcentaje de grasa. Teniendo que, a mayor concentración de fibra, mayor será el porcentaje de grasa presente en la leche, esto debido a la proporción de ácidos grasos volátiles producidos en el rumen dependiendo de la dieta (Reyes et al., 2010).

El porcentaje de Sólidos No Grasos (SNG) presentes en la leche también puede variar en función del tipo de alimentación, aunque es mucho menor en relación al porcentaje de grasa. La variación presente puede estar relacionada con el nivel de energía, ya que al incrementar el valor del mismo en la dieta puede aumentar hasta en un 0,2% el porcentaje de SNG. Teniendo en cuenta que presenta una variación inversa a la producción de leche, presentando un porcentaje alto en el primer mes de producción, y disminuyendo en el segundo mes ya que en este se genera el pico de producción, volviendo a aumentar este porcentaje al final de la lactación, con la disminución de la producción (Reneau & Packard, 1991).

El rango normal de la densidad de encuentra entre 1,07 a 1,033, este valor está determinado por la presencia de varios componentes de la leche diluidos o no en el agua presente en la leche, mismos que presentan densidades variables. De los cuales el único componente que presenta una densidad similar al del agua es la grasa (Reyes et al., 2010).

3.3. Factores que influyen en la calidad de la leche

Se pueden dividir en dos grupos, tales como los factores antes del ordeño y los factores después del ordeño.

Factores antes del ordeño: Dentro de los factores que influyen la calidad composicional de la leche, se encuentran: la raza, tipo de alimentación, edad de la vaca, tipo de amamantamiento, intervalo entre ordeños, tercio de lactancia, sanidad de la ubre: en el cual se encuentra presencia de mastitis directamente relacionada con el recuento de células somáticas, los residuos de antibióticos, el estado sanitario de la vacas (Magariños, 2000). La totalidad del ordeño y finalmente el ejercicio, la excitación, y las hormonas los cuáles afectan primariamente la grasa y proteína de la leche (Brown & Brown, 2002).

Factores posteriores al ordeño: La leche es un producto que debe ser manejada adecuadamente desde el momento de su obtención, se habla que después del ordeño la leche no puede cambiar su composición fisicoquímica, solo en el caso de que se apliquen algunos ajustes permitidos para mejorar su aspecto y/o disminuir algunos de sus componentes. Sin embargo, se menciona que debido a factores involucrados en la conservación, el almacenamiento, procesamiento y transporte, la calidad de la leche puede verse afectada y alterada hasta su transformación agroindustrial, así mismo, factores posteriores a la

transformación pueden generar alteraciones de los productos, especialmente los relacionados con bajas condiciones higiénicas y pérdida de la cadena de frío (Fernández et al., 2018).

3.4. Alimentación y suplementación de la vaca lechera

Es importante considerar que los nutrientes que las vacas lecheras obtienen de sus alimentos y los que requiere su organismo son muy diferentes. Un animal lactante involucra un sinnúmero de procesos bioquímicos y cada uno de ellos requiere diferentes nutrientes (Miller, 2012). Para la elaboración de diferentes dietas para vacas lecheras de alta producción, se requiere del conocimiento de las demandas nutritivas de la glándula mamaria para la producción de leche los cuales incluyen: agua, grasas, vitaminas, proteínas, minerales, y carbohidratos (Erickson & Kalscheur, 2020).

Existe una relación entre la suplementación y el pastoreo, por esto puede tener un efecto sustitutivo o aditivo en cuanto a la cantidad de materia seca que el animal recibe en el pastoreo diario. Se debe tener en cuenta que el animal al consumir suplementación reducirá el consumo de forraje, de esta manera, por cada kilogramo de MS consumida como concentrado, el animal deja de consumir entre 0,2 a 0,4 kg/MS de forraje en el potrero (León et al., 2018). Una vaca alimentada únicamente con pasto, puede obtener del mismo suficiente energía para producir alrededor de 26 litros de leche por día, con una mínima pérdida de condición corporal, esto se puede alcanzar con una composición de los pastos de 15% de materia seca, 27% de proteína cruda, 2,85% Mcal/kg (megacaloría/kilogramo) de energía metabolizable (Gutiérrez et al., 2019).

La primera fuente de alimentación de las vacas lecheras son los pastos, mismos que no pueden ser de mala calidad. Esto se debe a que solamente los de alto valor nutritivo contribuyen a la disminución del uso de suplementos. Aunque se debe tener en cuenta que se reducirá la producción de leche, la función reproductora y la condición corporal de las vacas de alta producción si no se proporciona energía suplementaria necesaria de acuerdo a sus necesidades. Ya que la energía suplementaria es suministrada para completar, no para reemplazar el suministro del pasto (Combs, 2001).

La administración de suplemento a través de un concentrado, en base a granos es la forma más común de proporcionarlo en la alimentación de las vacas lecheras, que generalmente se realiza durante los ordeños. Logrando de esta manera que los animales sean capaces de alcanzar altas producciones lácteas, ya que la pradera como único alimento, no es capaz de satisfacer los

requerimientos (Delahoy et al., 2003). Gutiérrez et al., (2019) sugiere que se la cantidad de alimento balanceado recomendable aportar a vacas en producción es 2,4 kg de concentrado/vaca/día con una producción que rodea los 18 litros diarios por vaca, con una eficiencia de uso de 6,5 kg de leche por cada kg de concentrado.

Los granos de los cereales, que son los generalmente más utilizados en la suplementación energética, se caracterizan por contener un alto porcentaje de harina o almidón, generando energía en los animales, por ejemplo, el maíz y sorgo. En las vacas lecheras, esta energía excedente, ayuda a producir una mayor cantidad de leche y más proteína láctea, ya que los alimentos concentrados presentan alta palatabilidad y usualmente de fácil digestión (Castro & Kebreau, 2011).

Durante el periodo de lactancia o producción, el ganado lechero tiene requisitos nutricionales muy altos con relación a otras especies animales, por ello, cumplir con la demanda nutricional en especial de energía y proteína es un desafío. Dichas dietas deben asegurar la producción, salud metabólica, salud de rumen y eficiencia de la digestión fermentativa (Van Saun, 2022).

3.5. Perfil nutricional y energético de la vaca lechera

Durante el periodo de lactancia, el ganado lechero tiene requisitos nutricionales muy altos con relación a otras especies animales, por ello, cumplir con la demanda nutricional en especial de energía y proteína es un desafío. Dichas dietas deben asegurar la producción, la salud metabólica, la salud de rumen y la eficiencia de la digestión fermentativa (Van Saun, 2022).

El almidón forma una parte muy importante en la nutrición de las vacas lecheras, con mayor énfasis aquellas de alta producción, pertenece a la fracción nutricional de los alimentos Carbohidratos No Fibrosos (CNF). Proporciona gran cantidad de energía de fácil digestión, proviene principalmente de los granos de cereales, seguido de los ensilajes de granos como el maíz (Meléndez, 2003).

Dietas con alto contenido de energía no es un indicador de un balance entre los requerimientos y nutrientes consumidos, debido a que estas dietas pueden producir acidosis, pérdida de apetito, por disminución de fibra se puede producir disminución de pH ruminal. Esto es frecuente en dietas con alta proporción de hidratos de carbono solubles y bajo contenido de FDN (Pendini & Carrizo, 2008).

La energía de la dieta es la base del volumen de la leche obtenido por lactancia, posterior al parto en los primeros días el animal experimenta un periodo variable de Balance Negativo de Energía (BNE) debido a la disminución del consumo de materia seca (Llewellyn et al., 2007).

El consumo de dietas con alto contenido de energía requiere mayor cantidad de carbohidratos fácilmente fermentables que tiene efectos desfavorables en la fermentación ruminal y el consumo de alimento. Sin embargo, Dann et al., (2006) indican que el suministro de dietas altas en energía puede ser beneficioso para vacas lecheras, por ejemplo, el incremento de energía con carbohidratos fácilmente fermentables permite que los microorganismos del rumen se adapten más rápido a las dietas con alto contenido de granos reduciendo el tiempo de BNE y con ello, recuperar la condición corporal del animal más rápido.

La proteína es un alimento nutricional esencial en la dieta de las vacas lecheras, esto se debe a que aporta aminoácidos, y al mismo tiempo suministra nitrógeno para los microorganismos que se encuentran presentes en el rumen, teniendo como resultado que la proteína disponible para los animales proviene de la proteína microbiana y de la dieta y ración que se les suministre. Generalmente la proteína microbiana es considerada la principal fuente de aminoácidos absorbidos; sin embargo, al existir grandes cantidades de PNDR (proteína no degradable en el rumen) mismas que son administradas a los animales en la dieta, la proteína proveniente de los microorganismos se puede dejar de considerar como la principal fuente (Elizondo-Salazar, 2020).

Las vacas lecheras a las que se les administra altos niveles de proteínas, la eficiencia de conversión del alimento en N en la leche, oscila entre 18 y 32 % (Dewhurst et al., 1999). El proceso de degradación de las proteínas en el rumen depende de tres procesos catabólicos: proteólisis, peptidólisis y desaminación (Ruiz & Cairo, 1980). Tanto la velocidad como la extensión de la degradación de las proteínas va a depender de la actividad proteolítica de la microbiota ruminal, y el tipo de proteína presente en la dieta (Bach et al., 2005).

El Consumo de Materia Seca (CMS), puede ser el factor que genera mayor impacto sobre la salud metabólica y producción de las vacas lecheras. La ingesta de alimentos de baja digestibilidad influye de manera negativa el consumo voluntario de materia seca, ya que la tasa de evacuación de los alimentos del rumen y el paso por el tracto digestivo es menor. El rumen retículo y probablemente el abomaso, tienen a lo largo y ancho de sus paredes receptoras que afectan de manera negativa el CMS, esto con relación al peso y volumen del alimento que se encuentra retenido en ellos. Por su parte, el porcentaje de Fibra Detergente Neutra (FDN)

concentrado en el alimento, debido a su baja digestión, es el principal factor involucrado con el efecto de llenado de rumen o regulación física de consumo (Pendini & Carrizo, 2008).

La fibra tiene un papel fundamental dentro de la alimentación del ganado lechero ya que ayuda a mantener la funcionalidad ruminal, estimular la rumia y mantener el pH ruminal. El contenido de fibra en la dieta está asociado con la composición de la leche ya que por su digestión se generan los principales precursores de la grasa láctea. También influye en la capacidad de consumo voluntario y la cantidad de energía que puede aportar una ración (Cruz-Calvo & González, 2000).

Es importante saber que la fermentación ruminal modifica la dieta real que el animal consume, en dichas dietas se debe considerar se debe tomar en cuenta la calidad de la fibra y los requerimientos microbianos de rumen. Fijar un valor de los requerimientos de fibra sería inadecuado ya que no es uniforme desde el punto de vista nutricional, químico o físico; a su vez, se ve afectado por el tamaño del rumen y el nivel de ingesta y producción que afectan el requerimiento (Van Soest et al., 1991). Un nivel relativamente adecuado de fibra va de la mano del nivel de producción, cuanto mayor sea la leche producida, menor será el requerimiento de FDN y viceversa (Grant, 1991).

3.6. Importancia de la proteína en la ración de rumiantes

La presencia de proteína es importante en las raciones de las vacas lecheras por su aporte de aminoácidos, así mismo por su aporte de nitrógeno para los microorganismos de rumen, parte de la proteína disponible para los rumiantes procede de la proteína microbiana y otra parte de la alimentación (Elizondo, 2020).

Es recomendable que la concentración de proteína en las raciones varíe de un 12% en vacas secas hasta un 18% en vacas lactantes, cuando hay un aumento de producción de leche la generación de proteína microbiana en el rumen puede llegar a ser insuficiente por lo que llega a ser necesaria incluir otras fuentes de nitrógeno para generar la cantidad necesaria de aminoácidos (Ureña, 2012).

La degradabilidad de la proteína depende básicamente de su composición y de la estructura química y física de la proteína verdadera. El nitrógeno no proteico (NNP) tiene una alta degradabilidad que llega al 100%, por lo tanto, los alimentos que contienen proteína bruta rica en NNP aportan poca proteína no degradable (Martínez, 2002).

3.6.1. Digestión y absorción de las proteínas

Los animales generalmente ingieren los aminoácidos en forma de proteína que se incorporan a diferentes vías metabólicas, para ello, los péptidos y proteínas sufren degradación hidrolítica en el tracto gastrointestinal por medio de enzimas proteolíticas. Tras esta acción los aminoácidos son liberados para ser absorbidos y transportados por el torrente sanguíneo hacia el hígado donde ocurre parte de su metabolismo y nuevamente se distribuyen (Ureña, 2012).

El catabolismo inicia en el abomaso por acción de la pepsina y la hidrólisis ácida, después en el duodeno hay acción de las enzimas pancreáticas y duodenales que rompen los enlaces peptídicos para la liberación de los aminoácidos y se da la absorción en el yeyuno e íleon (Hristov et al., 2019).

3.7. Cultivo de soya en Ecuador

El 90% de la producción de soya se encuentra en la provincia de los Ríos en cantones como Babahoyo, Quevedo, Ventanas y Montalvo, el 10% restante de la producción se realiza en el Guayas en el cantón Salitre. En la temporada de invierno, las zonas del Guayas se inundan, en el verano se realizan siembras de ciclo corto como la soya que tiene una buena adaptación a este tipo de suelo. En la provincia de los Ríos se ha optado por sembrar productos de ciclo corto en vez de la soya como banano, cacao o palma africana, por ser más rentables. Según la Corporación de Sojeros de Ventanas (CORSOYA) manifestó que no se tiene expectativas para revertir esta disminución de siembra del grano ya que no han dado ningún tipo de propuesta (Banco Central del Ecuador, 2015).

Se considera que el cultivo de soya en Ecuador es transitorio y es usado por los agricultores como una alternativa de siembra en los cultivos de arroz y maíz durante la época de verano, es una opción para llenar un vacío en los ciclos de producción cuyo interés gira alrededor de otros cultivos principales por lo cual no hay consolidación del cultivo de una generación a otra ya que es transitorio e inestable siendo así, que el país depende de importaciones para satisfacer las demandas nacionales (Díaz et al., 2006).

El cultivo nacional de soya es de 37 mil hectáreas lo cual corresponde a un 47% menos que lo que cosechaba en años anteriores cuando alcanzaba las 70 mil hectáreas. Durante el año 2005 en la época de verano donde se sembró la soya como ciclo corto, el gasto realizado por los agricultores para la siembra de este grano fue de \$ 750 por hectárea (Díaz et al., 2006).

3.8. Importancia de la soya en la elaboración de alimentos balanceados

La soya es considerada una alternativa como suministro de proteína en la alimentación para la producción animal. Esto se debe a su importante contenido de proteína cruda, con concentrados de energía y calcio (Tobía et al., 2007).

Su uso en la alimentación animal ha generado un amplio panorama en la industria de concentrados, aportando una excelente concentración de ácidos grasos esenciales y aminoácidos, por esto es considerada como una valiosa materia prima tanto para la extracción de aceites como para la formulación de alimentos balanceados. Actualmente la mayor parte de esta harina se utiliza para la formulación de concentrados para cerdos, aves, peces y ganado bovino (Albarracín, 2010).

Ecuador tiene muy poca competitividad con respecto a la soya, según el informe del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), la demanda de soya es de aproximadamente 900 000 toneladas métricas. En el año 2019 la Tm de grano seco y limpio fue comercializado por \$594,35 dólares, mientras que el grano sucio y húmedo para la venta fue comercializado por \$554,67 dólares. Desde el año 2017 se pueden notar que incrementaron los precios de producción y venta a nivel nacional, así mismo, hubo una reducción del 4,8% del año 2019 con respecto al 2018, siendo así que el precio para la venta dentro del país disminuyó de \$628,34 por Tm a 594,35 (Sánchez et al., 2020).

Por otra parte, al no satisfacer la demanda nacional de soya, los productores de alimento balanceado optan por la importación, la razón más importante para esta actividad es que el costo promedio de la soya por tonelada métrica es de 600 dólares frente al costo de importación de una Tm de soya (procesada) que es de 400 dólares, por tal motivo la competitividad del país con respecto al mercado internacional es nula (Sánchez et al., 2020).

3.9. Pasta de soya en la alimentación de vacas lecheras

La inclusión de pasta de soya y sus derivados para alimentar a vacas en producción es bastante común. Los diferentes derivados de la soya como: cáscara de soya, harina de soya, grano de soya o aceite de soya; proporcionan diferentes nutrientes para el ganado lechero (Cochran et al., 1941).

Durante el periodo de lactancia las vacas alcanzan su máxima producción entre las semanas 6 y 9. Durante esta etapa es común que ocurra un déficit en la ingesta de proteínas y energía que, en el pico de lactancia, estos son aportados de manera parcial por la movilización de reservas de los tejidos corporales, por ello nutricionistas se han preocupado por elaborar alimentos balanceados capaces de satisfacer estas demandas. La soya es rica en proteína y gracias a su concentración de grasa también brinda energía (van Dijk et al., 1983).

Por otra parte, según investigaciones anteriores se ha planteado que la producción y calidad de la leche pueden o no verse afectadas por el uso de forrajes o concentrados elaborados con cáscara de soya, ya que su inserción para obtener alta cantidad de forraje puede alterar de manera negativa la fermentación del rumen, disminuir la grasa láctea y afectar la salud del animal. Otro aspecto negativo, es reemplazar demasiados granos de cereales por la cáscara de soya, lo cual puede disminuir la producción láctea ya que los animales disminuyen el consumo de energía (Ishler & Varga, 2016).

Además, es importante considerar los diferentes tipos de procesamiento de la soya que pueden dar resultados negativos en la alimentación de los animales. La harina de soya extraída con disolventes elimina la grasa que este grano contiene, dando como resultado una harina baja en grasa. En cuanto a la soya extruida que tiene un calentamiento constante y uniforme (132 y 148 °C) que debido a la penetración de calor a todo el producto, rompe las vesículas de grasa del grano que al ser consumido por los animales se libera de manera rápida en el lumen y repercute en la disminución de la grasa en la leche (Ishler & Varga, 2016).

3.10. Factores que dificultan la producción de soya en Ecuador

El precio internacional del producto es un punto de partida crítico para establecer el precio de grano de soya y sus derivados en los mercados del país. En la actualidad existe una dificultad para la comercialización de este producto en el país, ya que el número de compradores es reducido y no tiene proporción con el número de vendedores potenciales de modo que, el producto no puede ser consumido de manera rápida en el mercado nacional.

Según Sánchez et al., (2020) la producción del grano ha disminuido de manera paulatina debido a la baja rentabilidad de este producto frente a otros cultivos. Los productores de alimentos balanceados han optado por la importación de la soya ya que el precio del producto en el país

supera al precio internacional, siendo así la rentabilidad del cultivo del grano en el país frente a importaciones es casi nulo.

Otro problema es que para producir la cantidad de soya para satisfacer toda la demanda nacional que rodea las 900 000 a 980 000 toneladas, se necesita alrededor de 490 mil hectáreas para sembrar esta cantidad y esta área de cultivo no hay en el país o está ocupada con otros cultivos (Josse, 2018).

3.11. Cultivo de *Lupinus mutabilis Sweet* en Ecuador

El chocho, lupino o tarwi (*Lupinus mutabilis Sweet*) es la única especie del género cultivada y domesticada como una leguminosa, la misma comprende una amplia distribución desde Colombia hasta el norte de Argentina, sin embargo, en la actualidad es de importancia solo en Ecuador, Perú y Bolivia. Este grano tiene un gran potencial para la nutrición humana y animal, y debido a su alto contenido de proteínas es conocido como la soya andina, sin embargo, el alto contenido de alcaloides ha hecho que su cultivo sea limitado. En la región andina de Ecuador el cultivo de lupino tiene una estimación que alcanza las 10000 hectáreas (Jacobsen & Sherwood, 2002).

Esta planta es cultivada entre los 2500 a 3400 m.s.n.m., exclusivamente en zonas secas, siendo susceptible al exceso de humedad y en menor medida a la sequía (Mazón, 2019). En estado adulto es resistente a las heladas (Caicedo & Peralta, 2000).

Se cultiva en áreas secas y arenosas, es susceptible a las heladas lo cual afecta y retrasa su floración, los meses de siembra se dan entre diciembre y marzo. La provincia de Cotopaxi en la actualidad es mayor productor de chocho en Ecuador, continuando con la provincia de Chimborazo finalmente, se encuentra Pichincha. Por lo general se realizan dos cosechas, una cuando los granos serán usados como semillas y se realiza cuando los ejes centrales estén secos, y la segunda cuando las ramas laterales están maduras (Guzmán et al., 2015).

Con los datos obtenidos del III Censo Nacional Agropecuario efectuado en el año 2000, se pudo determinar que la superficie total de siembra de lupino fue de 4189 hectáreas de cultivo solo, mientras que una superficie de 1754 hectáreas asociado a otros tipos de cultivo, llegando a obtener un total de 758 toneladas de cultivo. El destino de esta producción está distribuido en: 82% venta, 8% para el consumo propio de cada familia productora y un 10% que se destina para semilla (Caicedo & Peralta, 2000).

Hasta el momento no existen datos actualizados sobre el cultivo de lupino, no obstante, en el año 1998 según el Manual Agrícola de Leguminosas, cultivos y costos de producción, el costo de siembra por hectárea de lupino fue de \$ 348, con un rendimiento de 800 g/ha (Peralta, 2016). FAOSTAT (Base de Datos Estadísticos de la Organización para la Agricultura y la Alimentación) hasta el año 2016 reportó una superficie de siembra de 3724 hectáreas. Comparando con el dato del año 2000 se evidencia un decremento del cultivo debido que entre estos años ha habido una disminución tanto de la superficie de siembra como de la producción (Quelal, 2019).

3.12. Uso de lupino en la alimentación de diferentes especies animales

Actualmente la información sobre el uso de lupino para la alimentación de vacas lecheras es escasa, por esto se ha optado en obtener información de diferentes investigaciones sobre el uso de este grano, tales como; alimentación en bovinos de carne y ovinos. Se tomaron en cuenta estas investigaciones, ya que se puede apreciar que los resultados obtenidos fueron favorables en la alimentación de estas especies, mismos descritos a continuación.

Froidmont & Bartiaux-Thill (2004) realizaron una investigación en vacas lecheras, donde sustituyeron la pasta de soya por el grano de lupino y guisantes, donde determinaron que la producción láctea fue superior al usar lupino así mismo, la dieta influyó en el incremento de la grasa de la leche, por lo tanto, determinaron que las semillas de lupino pueden reemplazar eficientemente a la soya en la alimentación de vacas lecheras.

May et al., (1993) realizaron tres experimentos para determinar la influencia del lupino por la harina de soya, en sus experimentos obtuvieron que la producción láctea incrementó con el consumo de dietas que contenían lupino. Por otro lado, Emile et al., (1991) en su ensayo realizado en vacas lecheras, confirman que el lupino puede ser usado en la fabricación de alimentos balanceados para sustituir mezclas de cereales y pasta de soya.

El lupino como integrante en raciones para la alimentación de ganado vacuno, ovino, porcino y aves, es un valioso suplemento, tiene alto valor como sustituto de otros concentrados proteicos, por lo cual puede ser utilizado de manera satisfactoria en diferentes especies animales. Es calificado por incrementar el nivel proteico de las raciones, también se ha demostrado que resulta palatable para los animales, incrementa el peso y producción láctea, tiene efectos positivos en la reproducción de ovejas (Jambrina, 1995).

En la investigación del uso del grano de lupino en alimentación para bovinos se verificó que se podía consumir raciones con un contenido de lupino hasta de un 40% sin observarse ningún trastorno digestivo en estos. En este estudio, se alimentó a los novillos con ensilaje de praderas y suplementos de lupino en porcentajes de: 0; 10; 20; 30 y 40, determinándose aumentos de peso vivo de 74, 550, 714, 841 y 965 g/día, respectivamente con el porcentaje de lupino administrado (Rojas & Catrileo, 2004).

3.13. Contenido de aminoácidos y ácidos grasos entre el lupino y la soya

En los diferentes proyectos de mejora de diferentes tipos de granos, una de las características más importantes es la ausencia de alcaloides, también se busca la resistencia, productividad, y el contenido proteico total. A la vez se ha considerado la composición de aminoácidos presentes en los granos (Jambrina, 2000). En el caso de la soya, contiene todos los aminoácidos esenciales requeridos en la nutrición, sin embargo, su contenido de metionina y triptófano es bajo (Luna, 2006). Con respecto al lupino, contiene también todos los aminoácidos esenciales a la vez posee importantes capacidades antioxidantes (Núñez, 2022).

La composición de aminoácidos de cada grano se puede observar en la tabla 1. Por otro lado, el contenido de ácidos grasos también varía entre ambos granos, en el caso de la soya, el ácido graso presente en mayor porcentaje es el ácido linoleico, mientras que en el lupino es el ácido oleico, como se muestra en la tabla 2.

El ácido linoleico es un importante componente de los alimentos para animales, este ácido representa una fuente muy importante de energía debido a que su aporte calórico supera el de las proteínas y los hidratos de carbono. Es parte de las membranas celulares por lo que desempeña funciones metabólicas importante en el organismo como el transporte de vitaminas liposolubles. Este ácido es esencial de la serie omega 6, ya que el organismo necesita para su funcionamiento, pero no puede sintetizarlo por lo cual debe ser ingerido en la dieta (Gómez, 2009).

La dieta administrada a los rumiantes, juega un papel fundamental sobre la concentración de ácido linoleico conjugado (CLA), en la grasa de la leche. Por eso, la suplementación y el pastoreo son fuentes lipídicas ricas en ácidos grasos (Chilliard et al., 2000). El acrónimo CLA se usa para referirse a una mezcla de isómeros del ácido linoleico, existen dos isómeros que se destacan por su importancia biológica, el *cis-9*, *trans-11* que constituye de 80 al 90 % del total de CLA y el *trans-10*, *cis-12* que representa del 3 a 5 % en la leche (Kramer et al., 1998). La incorporación en la

dieta de isómeros de CLA, permite obtener leche con menor proporción de grasa, pero con una concentración de cis-9 trans-11 más elevada en la grasa láctea (Jimeno et al., 2003).

Al disminuir la cantidad de grasa en la leche, también disminuyen las necesidades energéticas de las vacas lecheras y mejora el balance energético del animal lo cual contribuiría a mejorar la tasa de fertilidad en los rebaños (Butler & Smith, 1989).

Tabla 1

Comparación del contenido de aminoácidos del lupino y la soya

Aminoácidos (AA)	Lupino (mg/g de N total)	Soya (mg/g de N total)
Isoleucina	274	284
Leucina	449	486
Lisina	331	399
Metionina + Cistina	47+79	79+89
Fenilalanina + Tirosina	231+221	209+196
Treonina	228	241
Triptófano	110	80
Valina	252	300
Arginina	594	452
Histidina	163	158
Alanina	221	266
Ácido Aspártico	685	761
Ácido Glutámico	1372	1169
Glicina	259	261
Prolina	257	343
Serina	317	320
Total aminoácidos	6051	6157
Total aminoácidos esenciales	2183	2457

Fuente: Caicedo et al., (2001)

Tabla 2

Contenido de ácidos grasos totales del lupino y la soya en %

Ácidos Grasos	Lupino desamargado	Lupino amargo	Soya
Mirístico	Trazas	0,60	--
Palmítico	11,28	13,40	11,00
Palmitoleico	0,16	0,20	--
Esteárico	7,30	8,52	4,00
Oleico (Omega 9)	52,53	54,00	22,00
Linoleico (Omega 6)	28,40	37,10	55,00
Linolénico (Omega 3)	2,98	3,03	8,00
Araquídico	--	0,20	0,40
Behémico	--	0,20	0,30
Poliinsaturados/saturados	--	2,00	--

Fuente: Caicedo et al., (2001)

3.14. Diseño Switchback para la experimentación en vacas lecheras

Es común que se presente dificultad en la planificación de experimentos en vacas lecheras si el tamaño de las Unidades Experimentales (UE) es reducido, donde es difícil obtener un número mínimo de animales y que éstos sean lo más similares posible, tomando en cuenta la etapa y número de lactancia (Obispo et al., 2004). Esto ocurre con el uso de los diseños experimentales clásicos como el Diseño de Bloques aleatorios.

Por la falta de UE y la disminución progresiva de la lactancia, es necesario que los tratamientos deban ser aplicados varias veces a la misma UE; a la vez, conlleva a que, si el tiempo de reposo entre tratamientos es inadecuado, puede dar lugar a efectos residuales, los cuales enmascaran el resultado obtenido en el siguiente periodo de no ser considerados entre las fuentes de

variación; es decir, que el rendimiento de un tratamiento puede ser afectado por otro tratamiento administrado con anterioridad. A estos efectos se emplea el diseño Cuadrado Latino (CL) y sus variaciones (Lucas, 1957). Las curvas de lactancia de cada vaca son diferentes y en sus diferentes etapas pueden sesgar el efecto de cada tratamiento.

Es por eso que la propuesta de utilizar un tipo de diseño reversible, Lucas (1956), que provee un alto grado de sensibilidad ya que permite que el error sea eliminado, el mismo que puede proceder de: a) efecto de los periodos por cambios en el ambiente, b) la variabilidad de producción entre las unidades experimentales y c) variación entre curvas de rendimiento de las unidades experimentales aportó una alternativa para realizar las comparaciones entre tratamientos que podían influir en la producción de leche.

Para comparar las producciones de leche se han desarrollado diseños experimentales reversibles comúnmente basados en los principios de los diseños Cuadrado Latinos. El rendimiento medio de leche que se obtiene de la aplicación diferentes tratamientos (puede ser A, B y C), depende de rendimiento o capacidad de cada animal que recibe cada ración o tratamiento, ya que las vacas son muy variables en ese aspecto, esto hace que el error experimental sea grande. El diseño reversible intenta eliminar la fuente de variación entre raciones administrando a cada vaca por turno todos los tratamientos, de modo que en cualquier periodo un tercio de los animales reciban cada ración, por ejemplo, un tercio de las vacas consumen la secuencia ABC, otro tercio consuma BCA y un tercio consuma CAB. De esta manera, cada periodo experimental está representado de manera igualitaria en la producción media de leche para cualquier ración (Cochran et al., 1941).

Pero este diseño no puede controlar las diferencias del momento de la curva de lactancia y el tratamiento que se aplica en cada momento, y puede ocurrir que un tratamiento en particular se aplica en un momento en que la producción de leche se esté incrementando, o disminuyendo con lo cual puede ser beneficiado o perjudicado.

3.15. Comparación del diseño Switchback con otros diseños experimentales

Existen diferentes diseños experimentales usados en la ciencia veterinaria, el Diseño Completamente al Azar (DCA) tiene varias ventajas que lo hace uno de los diseños más usados, sin embargo, no es muy factible su utilización cuando las UE son muy heterogéneas ya que dentro de este diseño no existen restricciones en cuanto a aleatoriedad. A la vez, la precisión de

los análisis se ve comprometida de debido a que posibles fuentes de variación no asociados a los tratamientos, están contenidas en el residuo como variación al azar (López & González, 2016).

En el caso del diseño en Bloques Completo al Azar (DBCA) toma en cuenta tres aspectos básicos de la experimentación: repetición, aleatorización y control local. En este tipo de diseño las UE se distribuyen en bloques homogéneos, las UE en cada bloque o grupo es igual el número de tratamientos que va a ser aplicado en el experimento. Este diseño es adecuado cuando se identifica a un factor de variabilidad que influye sobre los tratamientos y los bloques se construyen de manera perpendicular a la dirección del factor de variación (López & González, 2016).

Por lo detallado anteriormente, el uso del diseño switchback (doble reverso) es uno de los más apropiados para ser aplicado en vacas lecheras, ya que se adapta de manera adecuada reduciendo los posibles errores que se puedan presentar, a la vez, este diseño busca la manera de autocorregirse cuando hay complicaciones como sucede en el caso de presentarse un error residual, donde este diseño guía sus interpretaciones a los últimos días de un periodo (Cochran et al., 1941).

Las secuencias ABA y BAB que implicaría un tratamiento para cada uno de tres períodos, y se compararían dentro de cada vaca mediante las diferencias $d = \text{primer período} + \text{tercer período} - 2 \times \text{segundo período}$, eliminarían las diferencias individuales y corregirían dentro de cada UE las diferencias del momento de la lactancia. Para tres tratamientos las secuencias serían ABA, BAB, ACA, CAC, BCB y CBC.

4. Materiales y métodos

4.1. Materiales

4.1.1. Materiales físicos

- ✓ Registros de producción
- ✓ Molino
- ✓ Balanza
- ✓ Recipientes para mezcla y almacenamiento del balanceado
- ✓ Equipo de ordeño
- ✓ Frascos para muestras de leche
- ✓ Cooler - gel refrigerante
- ✓ Listones (amarillos y rojos)

4.1.2. Materiales biológicos

- ✓ Vacas
- ✓ Grano de lupino
- ✓ Otros ingredientes del alimento balanceado experimental

4.2. Localización

El presente estudio se realizó en la Granja Irquis de la Universidad de Cuenca. Se encuentra ubicada en el km 23 de la vía Cuenca - Girón a la altura de la Parroquia Victoria del Portete a 2663 msnm con una temperatura aproximada de 8 °C.

4.3. Diseño experimental

El diseño experimental mediante el cual fueron comparados los dos tratamientos es el llamado Switchback (doble reverso) propuesto por Lucas, (1956). Este diseño ha sido estudiado y demostrado que es efectivo para ser aplicado en vacas lecheras (Obispo et al., 2004).

Los tratamientos administrados fueron:

Tratamiento 1 (T1): alimento balanceado con lupino

Tratamiento 2 (T2): alimento balanceado con pasta de soya

El experimento constó de tres periodos de seis días cada uno, con tres días de adaptación al inicio de cada periodo. Los 12 animales estudiados fueron divididos en dos grupos de seis cada uno, ambos grupos recibieron los dos tratamientos en secuencias diferentes. El grupo 1 consumió los tratamientos con la secuencia de: en el primer y tercer periodo el T1 y en el segundo periodo el T2, el grupo 2 consumió el T2 en el primer y tercer periodo, y el T1 en el segundo periodo (tabla 3). Para el análisis estadístico se utilizó la media de los registros de producción de leche diarios de cada vaca de los últimos 3 días de cada período.

Tabla 3

Esquema de diseño Switchback (doble reverso)

Grupo	Días de adaptación	Periodo I (6 días)	Días de adaptación	Periodo II (6 días)	Días de adaptación	Periodo III (6 días)
		Muestra día 9		Muestra día 9		Muestra día 9
1	3 días	T1	3 días	T2	3 días	T1
1	3 días	T1	3 días	T2	3 días	T1
1	3 días	T1	3 días	T2	3 días	T1
1	3 días	T1	3 días	T2	3 días	T1
1	3 días	T1	3 días	T2	3 días	T1
1	3 días	T1	3 días	T2	3 días	T1
2	3 días	T2	3 días	T1	3 días	T2
2	3 días	T2	3 días	T1	3 días	T2
2	3 días	T2	3 días	T1	3 días	T2
2	3 días	T2	3 días	T1	3 días	T2
2	3 días	T2	3 días	T1	3 días	T2
2	3 días	T2	3 días	T1	3 días	T2

Se calcularon las medias por tratamiento con su Error Estándar (EE) y las diferencias por vaca mediante la fórmula: Primer período más tercer período menos el doble del valor del segundo período. Con ellas se aplicó un Análisis de Varianza simple.

4.3.1. Variables

Variables independientes:

- ✓ Tratamientos (T1 y T2)

Variables dependientes:

- ✓ Producción de leche por vaca.
- ✓ Calidad de la leche: las variables dependientes analizadas fueron: grasa, proteína, lactosa, sólidos no grasos, sólidos totales, densidad y pH.
- ✓ Costos de producción de balanceado

4.4. Metodología

4.4.1. Desamargado y detoxificación del grano de chocho

Es importante que previo a la administración de los tratamientos con el grano, se realice un proceso de desamargado con el objetivo de eliminar sustancias alcaloides que le confieren al lupino un carácter tóxico, amargo y poco palatable.

El grano permaneció en agua durante 7 días en los cuales esta fue cambiada periódicamente por día para agilizar el proceso de desamargado. Tras esto, el grano fue molido hasta llegar a partículas de 3 mm aproximadamente, con el fin que sea lo más homogéneo posible con los demás ingredientes que conforman el alimento balanceado, posteriormente fue expuesto a un proceso de secado al ambiente para eliminar la humedad.

4.4.2. Estudio bromatológico

Una vez realizado el proceso de desamargado del grano de lupino, se tomó una muestra de 100g del mismo para ser analizado mediante un análisis fisicoquímico que se llevó a cabo en un laboratorio certificado, los parámetros analizados fueron: ceniza, fibra, grasa, humedad, materia seca y proteína.

4.4.3. Formulación de los alimentos balanceados

Para la formulación de los tratamientos T1 y T2 se tomó como base los mismos ingredientes y cantidades usados en la Granja Irquis, dicha formulación se realizó para vacas con una producción esperada de 11 kg de leche por día; con la diferencia que se sustituyó la pasta de soya por el grano de lupino para la formulación del T1. Para ello, nos guiamos de los estudios bromatológicos de la soya y del lupino (tabla 4 y 7), con lo cual, obtuvimos valores similares en cuando a la cantidad de inclusión de cada ingrediente en comparación con las cantidades usadas en la formulación del alimento balanceado en la Granja Irquis. Dichos ingredientes son:

- Afrecho de trigo
- Afrecho de avena
- Maíz molido
- Melaza
- Soya y/o lupino
- Sal mineral

Tabla 4

Bromatología de la pasta de soya

Parámetro	Resultado (%)
Materia Seca	89.71
Proteína Cruda	46.42
Fibra Cruda	3.1

Fuente: Análisis NIR BalGran Cía. Ltda.

Tabla 5

Formulación de dieta con lupino para bovinos lecheros en la Granja Irquis

INGREDIENTES	% Inclusión Base Seca	EM		PC		FC	
		Kcal/Kg MS		% BS		% BS	
		CONT.	CALC.	CONT.	CALC.	CONT.	CALC.
Maíz molido	13,900%	3.315,52	460,86	9,20%	1,28%	2,50%	0,35%
Melaza de caña	2,200%	2.795,85	61,51	4,08%	0,09%	3,40%	0,07%
Afrecho de trigo	46,700%	2.905,61	1356,92	14,61%	6,82%	18,30%	8,55%
Lupino	9,000%	1.700,58	153,05	44,92%	4,85%	19,47%	1,20%
Afrecho de avena	28,200%	2.490,00	702,18	4,01%	1,13%	32,15%	9,07%
Σ Calculada	100,00%	2.734,52		14,17%		19,23%	
Requerimiento	100,00%	2.500,00		15,00%		20,00%	

Nota. Energía Metabolizable (EM), Proteína Cruda (PC), Fibra cruda (FC)

Tabla 6

Formulación de dieta con soya para bovinos lecheros en la Granja Irquis

INGREDIENTES	%	EM		PC		FC	
	Inclusión	Kcal/Kg MS		% BS		% BS	
	Base Seca	CONT.	CALC.	CONT.	CALC.	CONT.	CALC.
Maíz molido	13,900%	3.315,52	460,86	9,20%	1,28%	2,50%	0,35%
Melaza de caña	2,200%	2.795,85	61,51	4,08%	0,09%	3,40%	0,07%
Afrecho de trigo	46,700%	2.905,61	1356,92	14,61%	6,82%	18,30%	8,55%
Pasta de soya	9,000%	2.694,03	242,46	46%	4,96%	3,1%	0,27%
Afrecho de avena	28,200%	2.490,00	702,18	4,01%	1,13%	32,15%	9,07%
Σ Calculada	100,00%	2.823,93		14,28%		18,31%	
Requerimiento	100,00%	2.500,00		15,00%		20,00%	

Nota. Energía Metabolizable (EM), Proteína Cruda (PC), Fibra cruda (FC)

Según los cálculos realizados al hacer la formulación en base a las necesidades nutricionales de las vacas pertenecientes a la Granja Irquis (tabla 5 y 6) se administró un total de 2,75 kg de alimento balanceado por vaca por día distribuido en dos raciones diarias después de cada ordeño (mañana y tarde). Se formuló un total de 891 kg de alimento balanceado para todo el experimento, donde 445,5 kg fue destinado para cada tratamiento.

4.4.4. Elección de los animales

Para esta investigación se estudiaron 12 vacas de la raza Holstein, pertenecientes a la Granja Irquis de la Universidad de Cuenca, mismas que fueron seleccionadas de acuerdo a una condición corporal en una escala de 1 a 5, con valores alrededor de 2.5 y 3. Se tomó en cuenta el número de partos considerando a las que se encontraban entre el segundo y cuarto, a la vez, las que se encontraban hasta el tercer mes de lactancia ya que con esto se evitó el descarte de

animales dentro del experimento debido a la posible culminación del periodo de lactancia siguiendo el modelo usado por Froidmont & Bartiaux-Thill, (2004).

Las vacas seleccionadas pastorearon en un sistema rotacional, convivieron y permanecieron juntas durante el tiempo que duró el experimento.

4.4.4.1. Identificación de los animales

Se separó a los doce animales en dos grupos de seis vacas cada uno, identificándolos con listones de color rojo al grupo 1 que consumió los tratamientos en secuencia T1-T2-T1 y color amarillo al grupo 2 que consumió los tratamientos en secuencia: T2-T1-T2, mismos que fueron colocados en el arete que contiene su respectivo número de identificación para facilitar su visualización.

4.4.5. Alimentación de las vacas en tratamiento

Los tratamientos fueron administrados al momento de finalizar el ordeño, con ayuda de los números de identificación y listones se determinaba en qué periodo se encontraban y que tratamiento se debía administrar. De acuerdo con la formulación obtenida, cada animal consumió 2,75 kg/vaca/día, esta cantidad fue dividida en dos raciones iguales administradas en la mañana y tarde después de cada ordeño, para esto se usó un recipiente marcado hasta donde debe ser llenado para cumplir con la porción indicada.

4.4.6. Producción láctea por vaca

Para el control de cantidad láctea, mediante registros se tomaron datos diarios de producción de leche por vaca en cada ordeño, tanto en la mañana como en la tarde, durante los tres periodos que duró este estudio. Se calculó las medias por tratamiento de los últimos tres días de cada periodo con su error estándar y las diferencias por vaca, mediante la fórmula: $P1+P3-(2)P2$ (primer período más tercer período menos el doble del valor del segundo período), aplicando un análisis de varianza simple.

4.4.7. Calidad de la leche

El último día de cada periodo, se tomaron muestras de leche a cada vaca en estudio, en frascos de 50 ml, mismas que fueron colocadas y transportadas en un cooler refrigerado para ser procesadas en el laboratorio de Lactología y Microbiología de la Facultad de Ciencias

Agropecuarias de la Universidad de Cuenca, todas las muestras fueron procesadas el mismo día de su llegada al laboratorio.

Los parámetros como la grasa, proteína, lactosa, sólidos no grasos, sólidos totales y densidad fueron analizados por el equipo “Milkotester”, y el parámetro pH, por el equipo “pHmetro” del laboratorio de Microbiología y Lácteos.

4.4.8. Costo de producción del balanceado

La evaluación de los costos se construyó con los datos obtenidos de facturas generadas al comprar los ingredientes usados en la formulación de los tratamientos estudiados, ya que presentan la misma formulación, difiriendo solamente que un alimento balanceado contiene el grano de lupino y el otro pasta de soya.

5. Resultados y discusión

5.1. Estudio bromatológico del lupino

En la tabla 7 se muestra los resultados obtenidos del análisis bromatológico de una muestra de grano de lupino, utilizada en la formulación del alimento balanceado con este grano.

Tabla 7

Composición bromatológica de Lupino mutabilis sweet desamargado

Parámetro	Resultado (%)
Cenizas	1,176
Fibra	19,47
Grasa	15,696
Humedad	0,584
Materia seca	99,416
Proteína	44,926

Fuente: Laboratorio MSV

Según el estudio de Carvajal et al., (2016) el grano de lupino presenta un porcentaje de proteína entre 32 y 56%, mientras que Allauca (2005), realizó un estudio de bromatología del lupino desamargado, donde determinó que el porcentaje de proteína presente es de 54,05 %. Al tomar el valor mínimo y el valor máximo de estos dos estudios se determinó que la media de la proteína presente en el grano de lupino es de 44%. Y el valor generado en este estudio en cuanto a la proteína del grano de lupino (tabla 7), presentó resultados similares a los anteriores estudios realizados.

En cuanto a los demás parámetros analizados de igual manera es comparado con el estudio de Allauca (2005), donde los valores de ceniza se encuentra en 2,54%, fibra 10,37%, grasa 21,22%, y los de este estudio detallados en la tabla 7.

5.2. Producción láctea por vaca

La media de producción diaria de leche bovina obtenida es superior a la de la provincia del Azuay (7.56 kg), e inferior a la de la provincia de Pichincha (11.27 kg), otros reportes ESPAC (2021), indica que en general es este el nivel más común de rendimiento lechero diario en la mayoría de las granjas lecheras del Ecuador y de la Sudamérica del Pacífico.

Tabla 8

Producción láctea de los últimos tres días de cada período

Componente	Tratamientos		NS ó S
	T1 (Lupino)	T2 (Soya)	
	X ± EE		
Producción	9,18 ± 1,362	8,45 ± 1,167	P > 0,05

Nota. Media (X), Error Estándar (EE), No Significativo (NS), Significativo (S)

En los resultados obtenidos de la producción de los últimos tres días de cada periodo por vaca, no se observó diferencia significativa entre los dos tratamientos comparados (tabla 8). Esto cumple con el resultado similar esperado al momento de elaborar los alimentos balanceados para que ambos cubrieran las necesidades nutricionales de las vacas a ese nivel productivo (alrededor de 11 kg de leche/día). Al comprobar que el alimento balanceado con lupino logra un rendimiento lechero diario equivalente al presentado por el alimento balanceado con soya conseguimos una de las incipientes informaciones para conformar las bases del uso del lupino como alternativa para los alimentos balanceados para vacas lecheras.

Estos resultados difieren del estudio de Froidmont & Bartiaux-Thill (2004), mismos que mencionan que la producción de leche aumentó al reemplazar la harina de soya por el grano de lupino, en su estudio utilizaron una variante de lupino (*Lupinus albus*) diferente al de este estudio (*Lupinus mutabilis*), difiriendo de nuestros resultados obtenidos, debido a que en su estudio reemplazaron en un 75% a la soya por lupino.

Emile et al., (1991) determinaron que el lupino sustituye eficientemente a la pasta de soya, donde se evaluó este reemplazo en diferentes raciones, con diferentes porcentajes de sustitución, dando como resultados igual y mayor producción láctea que con la utilización de la pasta de soya dependiendo el porcentaje de la ración.

Por otra parte, National Research Council, (2001) sugiere que una vaca Holstein de 690 kg de peso vivo con una producción láctea de 25 kg requiere de 1.5 a 1.85 Mcal de EN_L/kg de MS al inicio de la lactancia, esto es 14 kg más de leche en vacas de 125 kg menos. En este estudio no existió diferencia en la energía neta administrada a los dos grupos de vacas tanto con soya (2,11 EN_L) como con lupino (2,08 EN_L) (Anrique, 2014), pero sí se presentó diferencia importante con lo recomendado por la NRC, administrando un 44% de este valor, esto debido a que las dos fuentes de proteína utilizadas tienen buena calidad (tabla 4 y 7), pero el resto de los ingredientes que conforman los alimentos balanceados no corresponden a esta misma calidad.

National Research Council, (2001) manifiesta que al aumentar el nivel productivo de las vacas lecheras, también aumentan sus necesidades nutricionales como es la proteína, generalmente las bacterias ruminales a partir de la proteína degradable que se suministra en la dieta, sintetizan proteína microbiana de buena calidad, pero llegan a ser insuficientes para aportar toda la proteína requerida por la vaca de alta producción. Debido a esto si la producción láctea aumenta, disminuye la contribución parcial de la proteína microbiana al total de los aminoácidos aportados al intestino, y para lograr cubrir estas necesidades la cantidad de proteína no degradable en el rumen debe aumentar. Lo cual ocurre con las vacas de este experimento ya que la proteína utilizada es de alta calidad (tabla 4 y 7) pero no reciben la cantidad necesaria para alcanzar los niveles de producción de 11 kg esperados.

El contenido de fibra en la dieta influye en la capacidad de consumo voluntario y la cantidad de energía que aporta una ración. Según Grant, (1991) menciona que mientras el nivel de fibra aumenta, disminuye la concentración de energía en la dieta, por lo que los alimentos fibrosos son menos densos en energía.

Domínguez et al., (2017) mencionan que las dietas que presentan un suplemento rico en ácido oleico aportan al incremento en la producción de leche, mientras que un suplemento rico en ácido linoleico, el animal mantiene la condición corporal durante el postparto; en nuestro experimento, el alimento balanceado elaborado con lupino presenta mayor porcentaje de ácido oleico en comparación que la soya, sin embargo, no hubo diferencia significativa en cuanto a la producción láctea entre ambos tratamientos.

5.3. Calidad de la leche

En la tabla 9 se detallan los resultados obtenidos de los análisis de las muestras de leche de cada vaca a las que se les fue administrado los diferentes tratamientos.

Tabla 9

Composición bromatológica de la leche

Componente	Tratamientos		NS ó S
	T1 (Lupino)	T2 (Soya)	
	X ± EE		
Grasa (%)	3,78 ± 1,329	3,62 ± 1,153	P > 0,05
Sólidos totales (%)	12,61 ± 0,428	12,72 ± 0,654	P > 0,05
Proteína (%)	3,24 ± 0,015	3,30 ± 0,124	P < 0,05
Lactosa (%)	4,94 ± 0,025	4,99 ± 0,157	P < 0,05
Sólidos no grasos (%)	8,99 ± 0,084	9,13 ± 0,290	P < 0,05

Nota. Media (X), Error Estándar (EE), No Significativo (NS), Significativo (S)

En la tabla 9 se observan los resultados obtenidos de los parámetros grasa y sólidos totales, de esta manera se determinó que no existe una diferencia significativa entre los dos tratamientos para estos parámetros. El parámetro grasa se sitúa dentro de lo establecido por la INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización), misma que menciona que la leche cruda debe presentar un valor de grasa mínimo de 3,2 % (m/m) (INEN, 2015).

Harvatine et al., (2009) mencionan que el componente de la leche con mayor variabilidad debido a la alimentación empleada es la grasa. Reyes et al., (2010) proponen que el porcentaje de grasa en la leche puede variar en vacas de la misma raza dependiendo del alimento que consuman, haciendo relación que, a mayor consumo de fibra en la dieta, mayor será el porcentaje de grasa. Según los estudios bromatológicos de nuestro trabajo indican que la soya tiene un porcentaje de fibra inferior a la del lupino (tabla 4 y 7 respectivamente) lo cual no concuerda con lo mencionado por Reyes et al., (2010) ya que los resultados obtenidos del parámetro grasa no presentaron diferencia entre tratamientos.

En los resultados obtenidos en este estudio se observa una diferencia significativa de 0,06 a favor del tratamiento con soya (T2) en cuanto a la presencia de proteína en la leche (tabla 9).

Parys & González, (2020) mencionan que las proteínas están compuestas de aminoácidos unidos entre sí por enlaces peptídicos, y que la proteína de la leche necesita ser producida a

partir de los aminoácidos presentes en la ración o de origen microbiano. Creyendo de esta manera que con la deficiencia de un solo aminoácido esencial se restringirá la producción de proteínas en la leche. Haciendo así referencia a que la diferencia se debe a la mayor cantidad de aminoácidos de la soya que del lupino como refieren Caicedo et al., (2001) que fue presentada en la tabla 1.

Marín (2007), menciona que el factor más importante es el consumo de energía, ya que cuando aumenta el aporte del mismo en la ración debido al aumento de Carbohidratos No Estructurales (CNE) se incrementa la producción y el porcentaje de proteína, siempre teniendo en cuenta que no exista alteración del ambiente ruminal. Dando como respuesta al mayor consumo de energía, modificando el estado hormonal aumentando los niveles de insulina, determinando un incremento en la proteína láctea.

Por otro lado, Blanco & González (2021), analizaron la teoría que, al aumentar la cantidad de almidón digerido en el intestino, debe ocurrir un ahorro a nivel del metabolismo visceral de aminoácidos, esto por la utilización preferente de la glucosa absorbida como fuente de energía a este nivel. O también si existiera un flujo neto al hígado de la glucosa se ahorrarían los aminoácidos. Dando como resultado de estos dos sucesos el ahorro de los aminoácidos para las diferentes necesidades del organismo mismas que incluyen la síntesis de la leche.

Así mismo, existen informes como el de Blanco & González (2021), que afirman que para las reacciones de la síntesis y producción de la caseína se demanda energía, por esto se define que depende principalmente de la concentración energética de la ración. Siendo otro factor importante la fuente de nitrógeno, siendo así que, si faltan los aminoácidos, la síntesis de la proteína se detiene y con ello la de la lactosa, dando como resultado la disminución de la producción de leche.

Los sólidos no grasos son constituidos generalmente por proteínas y lactosa, al existir diferencias significativas entre los tratamientos en la proteína presente de la leche y también en la lactosa (diferencia de 0,05), esto genera que, de igual manera, exista un aumento y una diferencia significativa en cuanto al porcentaje de sólidos no grasos.

Tabla 10

Características organolépticas de la leche

Componente	Tratamientos		NS ó S
	T1 (Lupino)	T2 (Soya)	
	X±EE		
Densidad g/ml	1030,67 ± 4,350	1031,17± 2,086	P > 0,05
PH	6,73 ± 0,002	6,73 ± 0,047	P > 0,05

Nota. Media (X), Error Estándar (EE), No Significativo (NS), Significativo (S)

Tanto el pH como la densidad de la leche no presentaron diferencia significativa para ninguno de los dos tratamientos, de igual manera la media de los valores del pH y densidad se encontraron dentro de los rangos permitidos (tabla 10) según la INEN (2015), misma que describe que en la leche cruda el pH se presenta con un valor mínimo de 6,4 y máximo de 6,8 y la densidad con un valor mínimo de 1028 y máximo de 1031.

5.4. Costos de producción

Tabla 11

Costos entre soya y lupino para la elaboración de alimentos balanceados

COSTOS			
Tratamientos	Costo total por tratamiento (445.5 kg)	Costo (kg alimento balanceado)	Costo / kg de leche producida
T1	277.98	0.62	0.19
T2	220.06	0.49	0.15

En cuanto a costos se determinó que el valor de producción por kg de leche es mayor al utilizar el alimento balanceado a base de grano de lupino en comparación al uso de la pasta de soya (tabla 11).

En la actualidad el precio del Lupino es muy superior al de la soya, algo que ya fue analizado en este trabajo, debido a la oferta más barata de los exportadores de aquella, a la baja producción del lupino en el Ecuador, costo de producción, a la mayor publicidad de la soya, a una menor investigación y apoyos oficiales para esto. Aunque la soya tampoco ha tenido mucho éxito en el país y en la sierra ecuatoriana su espacio es más difícil aún, pero allí si hay perspectiva en un futuro mediano si el lupino es introducido, si se experimentan nuevas semillas, se ajustan las interacciones semilla por tipo de suelo y con nuevos protocolos se reducen los costos.

Conclusiones

El uso del lupino en la alimentación para vacas lecheras puede reemplazar efectivamente a la pasta de soya como fuente proteica para la fabricación de alimentos balanceados, ya que debido a su composición nutricional logra influir en la producción láctea a niveles similares que la pasta de soya

No se presentó una diferencia sobre la producción láctea entre los dos tratamientos. En cuanto a calidad de la leche; el porcentaje de grasa, sólidos totales, densidad y pH no presentaron diferencia, siendo significativa en proteína, lactosa y sólidos no grasos a favor del T2.

Como se esperaba el alimento balanceado con grano de lupino supera en costos al alimento balanceado formulado con pasta de soya, dando como resultado que la producción del kilogramo de leche cuesta 0.15 centavos usando soya y 0.19 centavos con lupino, con cuatro centavos de diferencia. Sin embargo, si se proyecta a futuro un incremento de cultivos de lupino para sustituir a la soya, los costos de producción reducirían, ya que la comercialización del lupino aumentaría y se obtendría sin la necesidad de importación.

Recomendaciones

Se da un punto de partida para posteriores investigaciones del uso del lupino como una fuente importante de proteína y su efecto sobre la producción y calidad láctea, ya que la información acerca del tema es muy escasa en la actualidad y es necesarios que se busquen nuevas alternativas para la alimentación y nutrición animal.

Así mismo, se recomienda para futuras investigaciones usar el grano en diferentes medidas de inclusión ya sea de manera individual o combinado con más ingredientes como es el caso del presente trabajo, a la vez, se puede experimentar cambiando el tiempo de cada periodo y días de reposo.

Se abre un camino para seguir investigando y aprovechar los recursos propios del país para la elaboración de alimentos balanceados no solo de vacas lecheras sino de diferentes especies animales.

Se debe considerar que, al exponer a los animales a un cambio habitual de la alimentación y las actividades que esta conlleva, los animales son susceptibles a estrés y cambios metabólicos, por ello es importante que el ganadero brinde un ambiente con mayor control para cubrir las necesidades de adaptación de las vacas lecheras.

Referencias

- Albarracín, V. G. (2010, septiembre 7). *La soya, principal fuente de proteína en la alimentación de especies menores*. Engormix. <https://www.engormix.com/avicultura/articulos/soya-principal-fuente-proteina-t28541.htm>
- Allauca, V. V. (2005). *Desarrollo de la tecnología de elaboración de chocho (Lupinus mutabilis Sweet) germinado fresco para aumentar el valor nutritivo del grano*. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/1424>
- Anrique, R. (2014). *Composición de alimentos para el ganado bovino* (Cuarta). Universidad Austral de Chile; Instituto de Investigaciones Agropecuarias
- APROBAL. (2022). *La harina de soya, elemento importante en la industria del balanceado*. Aprobalo. <https://aprobalo.com/la-harina-de-soya-elemento-importante-en-la-industria-del-balanceado/>
- Aubron, C., Hernández, M., Lacroix, P., Mafla, H., & Proaño, V. (Eds.). (2013). *PRODUCCIÓN CAMPESINA LECHERA EN LOS PAÍSES ANDINOS: DINÁMICAS DE ARTICULACIÓN A LOS MERCADOS* (Primera). https://www.avsf.org/public/posts/1667/libro_produccion_campesina_lechera_paises_andinos_avsf_sipae_2014.pdf
- Bach, A., Calsamiglia, S., & Stern, M. D. (2005). Nitrogen metabolism in the rumen. *Journal of dairy science*, 88, E9-E21.
- Banco Central del Ecuador. (2015). *REPORTE DE CONYUNTURA SECTOR AGROPECUARIO*. <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/Catalogo/Encuestas/Coyuntura/Integradas/etc201502.pdf>
- Blanco, M. Á., & González, I. D. (2021, febrero 24). *Composición, síntesis y factores que afectan la cantidad y composición de la leche—BM Editores*. <https://bmeditores.mx/ganaderia/composicion-sintesis-y-factores-que-afectan-la-cantidad-y-composicion-de-la-leche/>
- Brassel, F., Hidalgo Flor, F., & SIPAE (Eds.). (2007). *Libre comercio y lácteos: La producción de leche en el Ecuador entre el mercado nacional y la globalización*. SIPAE.
- Brown, M. A., & Brown, A. H. (2002). *Relationship of milk yield and quality to preweaning gain of calves from Angus, Brahman and reciprocal-cross cows on different forage systems*. *Journal of ANIMAL SCIENCE*. <https://academic.oup.com/jas/article-abstract/80/10/2522/4789260>
- Butler, W. R., & Smith, R. D. (1989). Interrelationships between energy balance and postpartum reproductive function in dairy cattle. *Journal of dairy science*, 72(3), 767-783.

- Caicedo, C., & Peralta, E. (2000). *Zonificación potencial, sistemas de producción y procesamiento artesanal del chocho (Lupinus mutabilis Sweet) en Ecuador*. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/441>
- Caicedo, C., Peralta I., E., Villacrés, E., & Rivera M., M. (2001). *Poscosecha y mercado de chocho (Lupinus mutabilis Sweet) en Ecuador*. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2700>
- Carvajal, F. E., Linnemann, A. R., Nout, M. J. R., Koziol, M., & van Boekel, M. a. J. S. (2016). Lupinus mutabilis: Composition, Uses, Toxicology, and Debittering. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(9), 1454-1487. <https://doi.org/10.1080/10408398.2013.772089>
- Castro, F. D., & Kebreau, R. J. (2011). *Análisis comparativo nutricional y económico de tres alimentos balanceados para vacas lecheras de alta producción*. 37.
- Chiguachi, D. M. (2017). *OBTENCIÓN DE LÍNEAS EXPERIMENTALES DE FRIJOL CHOCHO (Lupinus mutabilis) CON GRADO DIFERENCIAL DE CONTENIDOS DE ALCALOIDES PARA CONSUMO HUMANO Y ANIMAL*. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/63846/DiegoChiguachi.2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Chilliard, Y., Ferlay, A., Mansbridge, R. M., & Doreau, M. (2000). Ruminant milk fat plasticity: Nutritional control of saturated, polyunsaturated, trans and conjugated fatty acids. *Annales de zootechnie*, 49(3), 181-205.
- Cochran, W. G., Autrey, K. M., & Cannon, C. Y. (1941). A Double Change-Over Design for Dairy Cattle Feeding Experiments*. *Journal of Dairy Science*, 24(11), 937-951. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(41\)95480-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(41)95480-2)
- Combs, D. (2001). *Alimentando Vacas de Alta Producción en Pasturas*. <https://www.yumpu.com/es/document/read/34841430/alimentando-vacas-de-alta-produccion-en-pasturas-babcock->
- Crespo, C., Morales Carrasco, L. V., Lascano Aimacaña, N. R., & Cuesta Chávez, G. A. (2019). *Dinámica de los pequeños productores de leche en la Sierra centro de Ecuador*. 30(2). http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-85962019000200103
- Cruz-Calvo, M. M., & González, J. S. (2000). La fibra en la alimentación del ganado lechero. *Nutrición Animal Tropical*, 6(1), 39-74.
- Dann, H. M., Litherland, N. B., Underwood, J. P., Bionaz, M., D'angelo, A., McFadden, J. W., & Drackley, J. K. (2006). Diets during far-off and close-up dry periods affect periparturient metabolism and lactation in multiparous cows. *Journal of dairy science*, 89(9), 3563-3577.

- Delahoy, E., Muller, D., Bargo, F., Cassidy, W., & Holden, A. (2003). *Supplemental Carbohydrate Sources for Lactating Dairy Cows on Pasture*. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73673-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73673-X)
- Dewhurst, R. J., Aston, K., Fisher, W. J., Evans, R. T., Dhanoa, M. S., & McAllan, A. B. (1999). Comparison of energy and protein sources offered at low levels in grass-silage-based diets for dairy cows. *Animal Science*, 68(4), 789-799.
- Díaz, Orellana Intriago, F. R., Vizueta Tomalá, D. A., Mata Lopez, D. A., Bernal Paredes, D. A., & San Andrés Reyes, P. R. (2006). *El cultivo de soya y su importancia para el Ecuador*. 1(12), 85.
- Domínguez, C., Ruiz, A. Z., Pérez, R., Martínez, N., Pinto, L., & Díaz, T. (2017). Efecto de la Adición de Ácidos Grasos Poliinsaturados sobre el Comportamiento Reproductivo y Productivo en Vacas Mestizas Carora en Los Llanos Centrales de Venezuela. *Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias*, 58(2), 53-67.
- Eastridge, M., L. (2006). *Major Advances in Applied Dairy Cattle Nutrition*. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72199-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72199-3)
- Elizondo, J. A. (2020). Estimación del suministro de proteína metabolizable en una ración para ganado de leche. *Nutrición animal tropical*, 14(2), 85-100.
- Elizondo-Salazar, J. A. (2020). Estimación del suministro de proteína metabolizable en una ración para ganado de leche. *Nutrición Animal Tropical*, 14(2), 85-100.
- Emile, J. C., Huyghe, C., & Huguet, L. (1991). Utilisation du lupin blanc doux pour l'alimentation des ruminants: Résultats et perspectives. *Annales de zootechnie*, 40(1), 31-44. <https://hal.science/hal-00888733/document>
- Erickson, P. S., & Kalscheur, K. F. (2020). Nutrition and feeding of dairy cattle. En *Animal Agriculture* (pp. 157-180). Elsevier. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128170526000094>
- ESPAC. (2021). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua*. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>
- Fernández, A., Martínez, L., Paredes, L., Quispe, G., Pareja, J., Pérez, L., Lázaro, C., & Cuenca, W. (2018, octubre 12). *Tecnología productiva de lacteos*. https://issuu.com/dayanpamela/docs/580_docodoc
- Froidmont, E., & Bartiaux-Thill, N. (2004). Suitability of lupin and pea seeds as a substitute for soybean meal in high-producing dairy cow feed. *Animal Research*, 53(6), 475-487. <https://doi.org/10.1051/animres:2004034>

- Gómez, A.-E. (2009). Ácido linoleico conjugado. Un nuevo ingrediente funcional. *Offarm*, 28(2), 42-47.
- Grant, R. J. (1991). *G91-1034 Evaluating the Feeding Value of Fibrous Feeds for Dairy Cattle*.
- Gutiérrez, F. A. G., Rocha, J., Portilla, A., & Ruales, B. (2019). Efecto de la suplementación en vacas de pastoreo sobre la producción, eficiencia del uso y costo beneficio. *Siembra*, 6(1), 001-009.
- Guzmán, A., Gusqui, I., Haunobu, N., & Moran. (2015). *Manejo Integrado del Cultivo del Chocho (Lupinus mutabilis Sweet)*. 44.
- Harvatine, K. J., Boisclair, Y. R., & Bauman, D. E. (2009). Recent advances in the regulation of milk fat synthesis. *Animal: An International Journal of Animal Bioscience*, 3(1), 40-54. <https://doi.org/10.1017/S1751731108003133>
- Hristov, A. N., Bannink, A., Crompton, L. A., Huhtanen, P., Kreuzer, M., McGee, M., Nozière, P., Reynolds, C. K., Bayat, A. R., & Yáñez-Ruiz, D. R. (2019). Invited review: Nitrogen in ruminant nutrition: A review of measurement techniques. *Journal of dairy science*, 102(7), 5811-5852.
- INEN, I. E. de N. (2015). *NTE INEN 0009: Leche cruda. Requisitos—Sexta revisión*. https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_009_6r.pdf
- Ishler, V., & Varga, G. (2016). *Soybeans and Soybean Byproducts for Dairy Cattle*. PennState Extension. <https://extension.psu.edu/soybeans-and-soybean-byproducts-for-dairy-cattle>
- Jacobsen, S.-E., & Sherwood, S. (2002). *Cultivo de granos andinos en Ecuador: Informe sobre los rubros quinua, chocho y amaranto*. Editorial Abya Yala.
- Jambrina. (1995). El empleo del altramuz en la alimentación animal. *Agricultura: Revista agropecuaria y ganadera*, 751, 137-139.
- Jambrina. (2000). *La calidad en la semilla del lupino (altramuz)*. https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_Agri%2FAgri_1994_747_898_901.pdf
- Jimeno, V., García Rebollar, P., & Fuentes-Pila, J. (2003). Estrategias para mejorar el contenido en ácido linoleico conjugado (CLA) en la grasa de la leche de vaca. *Bovis*, 114, 23-33.
- Josse, J. (2018). *Ecuador no puede ser autosuficiente en soya*. <http://maizysoya.com/lector.php?id=20180913>
- Kramer, J., Parodi, P., Jensen, R., Mossoba, M., Yurawecz, M., & Adlof, R. (1998). Rumenic acid: A proposed common name for the major conjugated linoleic acid isomer found in natural products. *Lipids*, 33, 835-835. <https://doi.org/10.1007/s11745-998-0279-6>

- León, Bonifaz, N., & Gutiérrez, F. (2018). *Pastos y forrajes del Ecuador. Siembra y producción de pasturas* (1era ed.). Abya-Yala.
file:///C:/Users/Usuario/Downloads/PASTOS%20Y%20FORRAJES%20DEL%20ECUADOR%202021.pdf
- León, F., Rocha, J., Portilla, A., & Ruales, B. (2019). Efecto de la suplementación en vacas de pastoreo sobre la producción, eficiencia del uso y costo beneficio. *Siembra*, 6(1), Article 1. <https://doi.org/10.29166/siembra.v6i1.1554>
- Llewellyn, S., Fitzpatrick, R., Kenny, D. A., Murphy, J. J., Scaramuzzi, R. J., & Wathes, D. C. (2007). Effect of negative energy balance on the insulin-like growth factor system in pre-recruitment ovarian follicles of post partum dairy cows. *Reproduction*, 133(3), 627.
- López, E., & González, B. (2016). *DISEÑO Y ANÁLISIS DE EXPERIMENTOS*.
http://cete.fausac.gt/wp-content/uploads/2020/11/Diseno_y_Analisis_de_Experimentos_2016a.pdf
- Lucas. (1956). Switchback Trials for More than Two Treatments. *Journal of Dairy Science*, 39(2), 146-154. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(56\)94721-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(56)94721-X)
- Lucas. (1957). Extra-Period Latin-Square Change-Over Designs. *Journal of Dairy Science*, 40(3), 225-239. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(57\)94469-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(57)94469-7)
- Lucas, M. M., Stoddard, F., Annicchiarico, P., Frias, J., Martinez-Villaluenga, C., Sussmann, D., Duranti, M., Seger, A., Zander, P., & Pueyo, J. (2015). The future of lupin as a protein crop in Europe. *Frontiers in Plant Science*, 6. <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fpls.2015.00705>
- Luna, A. (2006). *Valor nutritivo de la proteína de Soya*. 14(36). <https://www.redalyc.org/pdf/674/67403606.pdf>
- Magariños, H. (2000). *PRODUCCIÓN HIGIÉNICA DE LA LECHE CRUDA*.
<http://portal.oas.org/LinkClick.aspx?fileticket=wlyuTwr3IEc%3D>
- Marín, A. L. M. (2007, abril 16). *Factores nutricionales que afectan a la composición de la leche*. Engormix. <https://www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/factores-nutricionales-afectan-composicion-t27057.htm>
- Martínez, A. (2002). Necesidades proteicas en el ganado vacuno lechero. *Mundo Ganadero*.
www.produccion-animal.com.ar
- May, M. G., Otterby, D. E., Linn, J. G., Hansen, W. P., Johnson, D. G., & Putnam, D. H. (1993). Lupins (*Lupinus albus*) as a protein supplement for lactating Holstein dairy cows. *Journal of dairy science*, 76(9), 2682-2691.

- Mazón, N. V. C. (2019). Análisis comparativo de la composición nutricional del chocho, quinua y soya, y su aplicación en la elaboración de harinas. *La Ciencia al Servicio de la Salud*, 10(Ed. Esp.), 260-269.
- Meléndez, P. (2003). *El almidón y su importancia en la nutrición de las vacas lecheras*.
- Miller, W. J. (2012). *Dairy Cattle Feeding and Nutrition*. Elsevier.
- National Research Council. (2001). *Nutrient requirements of dairy cattle* (Seventh). National Academies Press.
- Núñez. (2022, agosto 23). Lupino: La desconocida legumbre considerada un superalimento. *Ladera Sur*. <https://laderasur.com/articulo/lupino-la-desconocida-legumbre-considerada-un-superalimento>
- Obispo, N. E., Espinoza, Y., & Gil, J. L. (2004). El diseño cruzado: Un diseño para la experimentación con vacas lecheras. *Zootecnia Tropical*, 22(4), 384-401.
- Ortega-David, E., Rodríguez, A., David, A., & Zamora-Burbano, Á. (2010). Caracterización de semillas de lupino (*Lupinus mutabilis*) sembrado en los Andes de Colombia. *Acta agronómica*, 59(1), 111-118.
- Parys, C., & González, F. (2020, junio 15). *Balance de aminoácidos en raciones para vacas lecheras*. <https://bmeditores.mx/ganaderia/balance-de-aminoacidos-en-raciones-para-vacas-lecheras/>
- Pendini, C. R., & Carrizo, M. (2008). *NOTAS SOBRE ALIMENTACION DE LA VACA LECHERA*. SIMA. <http://www.agro.unc.edu.ar/~wpweb/pleche/wp-content/uploads/sites/8/2016/05/notas-sobre-alimentacion-de-la-vaca-leche2008.pdf>
- Peralta, E. (2016). *El chocho en Ecuador “estado del arte”*. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/3938>
- Quelal, M. B. (2019). *Estudio de la comercialización del chocho desamargado (Lupinus mutabilis Sweet) en el Distrito Metropolitano de Quito* [MasterThesis, Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador]. <http://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/6650>
- Reneau, J. K., & Packard, V. S. (1991). Monitoring mastitis, milk quality and economic losses in dairy fields. *Dairy, Food and Environmental Sanitation*. https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Monitoring+mastitis%2C+milk+quality+and+economic+losses+in+dairy+fields.&author=Reneau+J.K.&publication_year=1991
- Reyes, G., Molina, B., & Coca, R. (2010). *CALIDAD DE LA LECHE CRUDA*. https://www.uv.mx/apps/agronomia/foro_lechero/Bienvenida_files/CALIDADDELALECHECRUDA.pdf

- Rojas, C., & Catrileo, A. (2004). *Alimentación del ganado*. <https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/29302>
- Ruiz, R., & Cairo, P. (1980). *Bioquímica nutricional, fisiología digestiva y metabolismo intermediario de los animales de granja*. Cap.
- Sánchez, A. M., Vayas, T., & Mayorga, F. (2020). *Soya en Ecuador. Observatorio Económico y social de Tungurahua*. <https://blogs.cedia.org.ec/obest/wp-content/uploads/sites/7/2020/10/La-Soya-en-Ecuador.pdf>
- Tobía, C., Sequera, C., Villalobos, E., Cioffi, R., & Escobar, O. (2007). Experiencias en la elaboración de silajes de maíz-soya en dos sistemas de producción bovina en Venezuela (Experiences of the combined ensiling of maize and soybean in two cattle production systems in Venezuela. *Proceedings of the XI Seminario "Manejo y Utilización de Pastos y Forrajes en Sistemas de Producción Animal*, 78-87.
- Ureña, F. (2012). *DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL. UCO*. <https://www.uco.es/zootecniaygestion/menu.php?tema=148>
- van Dijk, H. J., O'Dell, G. D., Perry, P. R., & Grimes, L. W. (1983). Extruded Versus Raw Ground Soybeans for Dairy Cows in Early Lactation1. *Journal of Dairy Science*, 66(12), 2521-2525. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(83\)82121-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(83)82121-3)
- Van Saun, R. (2022). *Nutritional Requirements of Dairy Cattle—Management and Nutrition—MSD Veterinary Manual*. <https://www.msdevetmanual.com/management-and-nutrition/nutrition-dairy-cattle/nutritional-requirements-of-dairy-cattle#v3319540>
- Van Soest, P. van, Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of dairy science*, 74(10), 3583-3597.
- Vargas, T. (2001). *CALIDAD DE LA LECHE: VISIÓN DE LA INDUSTRIA LÁCTEA*. http://www.avpa.ula.ve/docuPDFs/xcongreso/P297_CalidadLeche.pdf
- Zambrano, D. I., López Iglesias, E., Castillo, E., & Villacis, D. (2017). El sector lácteo de Ecuador: Principales características de la cadena productiva en zonas rurales del cantón Riobamba, provincia de Chimborazo. *Agroindustrial Science*, 7(1), 19-32.