

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

DIVISION DE CIENCIA ANIMAL



Pasta de soya protegida como alternativa de proteína de sobrepaso en ganado lechero

Por:

FREDY CUERVO HERNANDEZ

TESIS

Presentada como Requisito parcial

para Obtener el Título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Torreón, Coahuila, México.

Marzo del 2020

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICO VETERINARIAS

Pasta de soya protegida como alternativa de proteína de sobrepeso en ganado lechero

por:

FREDY CUERVO HERNANDEZ

TESIS

Que somete a la consideración del H. jurado examinador como requisito parcial para obtener el Título de:

MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

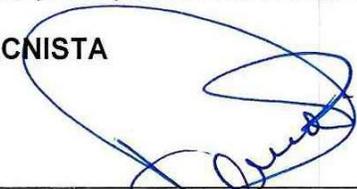
Aprobada por:



M.C. Jaime Isaias Romero Paredes

Rubio

Presidente



Dr. Pedro Cano Ríos

Vocal



Dr. Juan David Hernández

Bustamante

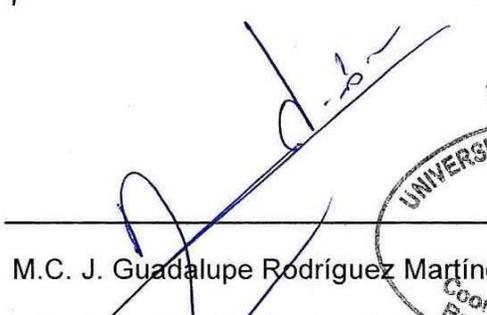
Vocal



MVZ. Cuauhtemoc Félix

Zorrilla

Vocal suplente



M.C. J. Guadalupe Rodríguez Martínez

Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal



Torreón, Coahuila, México

Marzo 2020

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICO VETERINARIAS

Pasta de soya protegida como alternativa de proteína de sobrepaso en ganado lechero

Por:

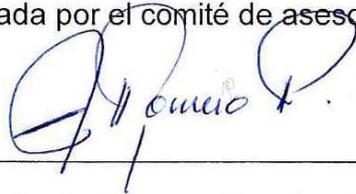
FREDY CUERVO HERNANDEZ

TESIS

Tesis presentada como requisito parcial para obtener el Título de:

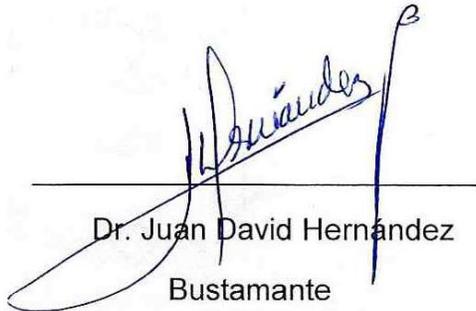
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por el comité de asesoría:



M.C. Jaime Isaías Romero Paredes Rubio

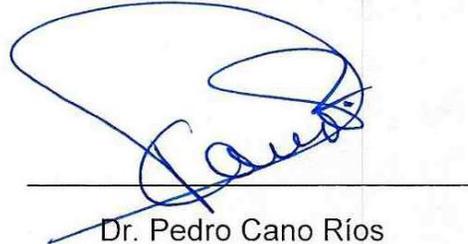
Asesor Principal



Dr. Juan David Hernández

Bustamante

Coasesor



Dr. Pedro Cano Ríos

Coasesor



M.C. J. Guadalupe Rodríguez Martínez

Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal



Torreón, Coahuila, México

Marzo 2020

AGRADECIMIENTOS

A Dios por brindarme la oportunidad de culminar esta etapa de mi vida y por permitir la presencia de todas esas personas que siempre me han apoyado.

A mis padres: Claudia Hernandez Martinez y Donato Cuervo Martinez, por todo el sacrificio y apoyo incondicional para poder culminar este gran proyecto de mi vida.

A mi asesor principal el M.C. Jaime Isaias Romero Paredes Rubio por su apoyo y principalmente por la confianza depositada en mi para realizar este trabajo.

A los médicos Ramiro Gonzalez Avalos, Pedro Robles Trillo, Juan David Hernandez Bustamante, Gerardo Duarte Moreno, Hernan Gomez; por haberme guiado en la elaboracion de este trabajo, haberme brindado sus conocimientos en las aulas y sus consejos que me sirvieron de mucho.

A mis amigos Luís Alberto, Jose Gabriel, Maria, David, Rosario, Alfredo; por su gran amistad y por apoyarme a ser posible este trabajo para mi titulación.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro mi “Alma Terra Mater” por todos los conocimientos que me dejo en mi formacion profesional y el apoyo que me brindo durante estos 5 años de mi vida

DEDICATORIA

A mis padres:

Claudia Hernandez Martinez y Donato Cuervo Martinez, ya que cada uno de sus desvelos y sacrificios se ven reflejados en la culminación de este trabajo, por enseñarme con el ejemplo a como conducirme por la vida, y por alentarme dandome fortaleza para afrontar los retos de la vida.

A mis Hermanos:

Gaudencio, Florida, Saul, Cecilia, Eduardo, Leydi e Ivan quienes me han brindado su apoyo y comprension en todo momento y circunstancia. Y no podia faltar el apoyo incondicional a cada uno de mis sobrinos presentes.

A mi tio:

Eutiquio y familia por su apoyo y consejos que me ayudaron mucho a lo largo de mi carrera y por enseñarme a valorar el esfuerzo que mis padres sacrificarón para cumplir mi meta.

A mi novia:

Julia Hernandez Martinez por su apoyo, animo, amor y comprensión en todo momento y por haber siempre confiado siempre en mi. Y de antemano doy gracias tambien a su apreciable familia por su comprensión, animo y confianza.

Y especialmente a Dios.

Por darme la oportunidad de existir; culminar esta meta en mi vida y por las personas que ha puesto en mi camino.

RESUMEN

El objetivo del presente estudio tuvo la finalidad de comparar la producción de leche que tienen las vacas en la primera, segunda y tercera lactación cuando se proporciona pasta de soya procesada mediante calor versus soya normal. El trabajo se realizó en dos establos comerciales ubicados en el municipio de San Pedro de las Colonias, Estado de Coahuila, en la Comarca Lagunera. Se utilizaron los registros de producción de leche de 10,000 vacas en lactancia, separando las de primera, segunda y tercera lactancia para ser analizados. Durante los primeros cuatro meses se proporciono la soya procesada mediante calor a una temperatura mayor a los 60° Celsius durante los siguientes tres meses se proporciono la pasta de soya normal. Ambas incluidas en la ración que se proporciono a las vacas en lactancia. Durante los siete meses que se proporciono la pasta de soya se registro la producción diaria de leche de cada una de las vacas. Los registros de producción de leche se lotificaron por días en lactancia para comparar las diferentes etapas de la curva de lactancia. Se analizaron los ingredientes utilizados, principalmente de forraje, por medio del análisis químico proximal (AQP) y la fibra por el método de Van Soest. Los datos de producción de leche se analizaron por medio de contrastes ortogonales, considerando dos tratamientos, número de lactancia y días en lactancia, utilizando el programa estadístico de SAS. Los resultados muestran un aumento en la producción de leche ($P < 0.001$), cuando se administra la soya procesada, siendo mas manifiesto en las vacas de segunda y tercera lactancia. Debido a los altos requerimientos de proteína no degradable en rumen (PNDR) para las vacas altas productoras el componente proteínico de la dieta es fundamental. La proteína utilizada en este tipo de dietas es generalmente de origen vegetal, de alta calidad, donde se encuentran productos como la harina de soya. Con un proceso de calentamiento de la pasta de soya se incrementa la proteína que sobrepasa el rumen, lo cual aporta aminoácidos a nivel intestinal, reflejándose en una mejora en la producción de leche.

PALABRAS CLAVE: Producción de leche, Pasta de soya procesada, Proteína no degradable en rumen.

INDICE

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIA	ii
RESUMEN	iii
INDICE DE CUADROS	vi
INDICE DE FIGURA	vii
ABREVIACIONES	viii
1.INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Justificación	2
1.3 Hipótesis	2
1.4. Objetivo general	3
1.5 Objetivos específicos	3
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 Generalidades sobre la alimentación de una vaca lechera	4
2.1.1. Sistema digestivo del bovino	5
2.1.1.2. Función	6
2.2. Requerimientos nutricionales	7
2.2.1. Necesidades de proteína	7
2.2.1.1. Definición de proteína	11
2.2.2. Función de las proteínas en los rumiantes	12
2.2.3. Vías de suministro proteico para los rumiantes	13
2.2.4. Requerimientos de proteína en bovinos de leche	15
2.3. Metabolismo de las proteínas	16
2.3.1. Sistema de proteína metabolizable	18
2.2.3. Degradabilidad de las fuentes de proteína en el rumen	22
2.4. Definición de proteína protegida (sobrepaso)	24
2.4.1. Utilización de proteína protegida en bovino de leche	27
2.5. Materia prima para elaboración de alimento balanceado	29
2.5.1. Fuente de proteína vegetal	31
2.5.2. Soya	33

2.5.2.1. Aspectos generales.....	34
2.5.2.2. Valor nutritivo.....	35
2.5.2.3. Componentes de la soya	37
2.5.2.4. Uso de soya como fuente proteico vegetal.....	38
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	41
3.1. Descripción del área de estudio.	41
3.2. Proceso de elaboracion de la pasta de soya procesado	42
3.3. Análisis de muestras	43
3.4. Análisis estadístico	43
3.5. Prueba de alimentación.....	43
3.6. Tratamientos.....	45
3.7. Alimentación.....	46
3.8. Variables determinadas en el experimento.	47
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
5. CONCLUSIONES.....	55
REFERENCIA BIBLIOGRAFICA.....	56

INDICE DE CUADROS

CUADRO 1. Requerimientos nutricionales de acuerdo estado fisiológico en bovinos de leche.....	8
CUADRO 2. Composición nutrimental del grano de soya y de la torta de soya, una vez extraído el aceite.....	36
CUADRO 3. Análisis nutricional de los tres principales forrajes de la dieta	42
CUADRO 4. Producción de leche, días en lactancia (DEL) y número de lactación de las vacas del establo A	44
CUADRO 5. Producción de leche, días en lactancia (DEL) y número de lactación de las vacas del establo B.	45
CUADRO 6. Composición de las dietas, con pasta de soya procesada y sin procesar.....	45
CUADRO 7. Composición nutricional de los tratamientos, con soya procesada (A) y sin procesar (B).....	46
CUADRO 8. Resultados de producción de leche en la primera lactancia, durante los meses que duro el estudio en el establo A.....	48
CUADRO 9. Resultados de producción de leche en la segunda lactancia, durante los meses que duro el estudio en el establo A.....	48
CUADRO 10. Resultados de producción de leche en la tercera lactancia, durante los meses que duro el estudio en el establo A.....	48
CUADRO 11. Resultados de producción de leche en la primera lactancia, durante los meses que duro el estudio en el establo B.....	49
CUADRO 12. Resultados de producción de leche en la segunda lactancia, durante los meses que duro el estudio en el establo B.....	49
CUADRO 13. Resultados de producción de leche en la tercera lactancia, durante los meses que duro el estudio en el establo B.....	49

INDICE DE FIGURA

FIGURA 1. Sistema digestivo del bovino.....	5
FIGURA 2. Esquema del metabolismo del nitrógeno en un animal rumiante.....	19
FIGURA 3. Influencia del tratamiento térmico sobre la proporción de proteína Indegradable en el rumen y digestible en el intestino delgado.....	52
FIGURA 4 Cinética de degradación ruminal de la harina de soya y de la soya cruda extrusionada a 132 y 149°C.....	53
FIGURA 5. Proporción de la proteína ingerida que es digerida en el rumen y en el intestino delgado de las dietas con harina de soya, soya cruda o extrusionada a 132 y 149°C.	54

ABREVIACIONES

AGV: Ácidos grasos volátiles. Son los principales productos de la fermentación animal, principales de los hidratos de carbono. Los ácidos primarios son ácido acético, propionico y butírico.

ADF: Fibra detergente ácido. Es la fibra que queda tras el tratamiento del material con detergentes neutros, cuando todo el contenido celular se disuelve y queda solo la pared celular, está compuesta de celulosa y hemicelulosa. Se expresa en % del total de materia seca, mínimo en las raciones del 25-30%.

ADN: Acido detergente neutro. Constituida por celulosa y lignina y los valores se expresan en % de la materia seca

ALM: Almidón. Es una sustancia blanca, inodora, insípida, granulada o en polvo, como la papa o los cereales; se emplea en la industria alimentaria, textil y papelera. Es el glúcido de reserva de los vegetales

CNF: Carbohidratos no fibrosos. Clasifican a los almidones y azúcares. Necesarios para la fermentación rápida y completa en el rumen, incrementando la densidad bacteriana de la misma. Cuando se encuentran en exceso pueden inhibir la fermentación de la fibra.

ENL: Energía neta leche. es la energía que obtiene el ganado de los alimentos hasta producir lo suficiente en leche.

PROTEINA BY-PASS: Proteína de sobrepaso. Se consideran fuentes de proteína by-pass a las que contienen al menos el 50% de proteína digerible que escapa de la fermentación ruminal.

DIP y/o PDR: Proteína digerible ingerida. Proteína digerible en el rumen utilizada por los microorganismos para cubrir sus requerimientos proteicos

INRA: Instituto nacional para la investigación agrônômica (Institut National de la recherche agronomique).

N: Nitrogeno

NIRS (Espectroscopia por infrarrojo cercano) es una metodología que se basa en la quimimétrica, asociando la luz absorbida en una muestra de alimento con la composición química de la misma y con base a ello se desarrollan ecuaciones de predicción por cada componente químico del alimento.

NNP: Nitrogeno no proteico

NRC: National research council (consejo nacional de investigación).

PC: Proteína cruda o proteína bruta. Se refiere al porcentaje de proteína que contiene un alimento después de haberlo sometido al análisis químico proximal o al análisis bromatológico.

PDIA: Proteína digestible procedente de los alimentos. Proteína digestible a nivel intestinal procedente de los alimentos, equivalente a la proteína no degradable de los mismos

PDIN: Proteína digestible procedente del nitrógeno. Proteína digestible a nivel intestinal procedente del nitrógeno. Es la suma de la proteína digestible procedente de los alimentos, más toda la proteína microbiana que podría formarse si todo el nitrógeno liberado en el rumen fuese convertido en proteína, para lo que la energía no podría ser limitante

PDIM: Proteína digestible procedente de los microbios. Proteína digestible a nivel intestinal procedente de los microbios ruminales, equivalente a la proteína microbiana que llega al intestino

PDIE: Proteína digestible procedente de la energía. Proteína digestible a nivel intestinal procedente de la energía. Es la suma de la proteína digestible alimentaria, más toda la proteína microbiana que podría ser formada, si toda la energía disponible para los microorganismos del rumen pudiese ser utilizada para su crecimiento, para ello el aporte de nitrógeno no puede ser limitante.

PMo: Síntesis de proteína microbiana

TDN: Nutrientes digestibles totales. Es la suma de la proteína digestible, carbohidratos no estructurales digestibles, fibra detergente neutro digestible y 2.25 veces el contenido de grasa.

TMR: Ración totalmente mezclada. Método que busca combinar todos los alimentos que se suministran a las vacas lecheras en una única ración, de manera que consuman los nutrientes esenciales en un ración balanceado y completo.

UFL: Unidades forrajera leche. Unidades forrajeras leche que se emplea en animales lecheros tanto en mantenimiento, en producción como en crecimiento.

UIP y/o PDNR: Proteína no degradable ingerida. Proteína digestible a nivel intestinal procedente de la energía. Es la suma de la proteína digestible alimentaria, más toda la proteína microbiana que podría ser formada si toda la energía disponible para los microorganismos del rumen pudiese ser utilizada para su crecimiento, para ello el aporte de nitrógeno no puede ser limitante

1.INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Aproximadamente hace 50 años los clásicos estudios de McDonald y otros (Annison y Lewis, 1959) establecieron los principios del metabolismo proteico en rumiantes. Ellos demostraron que la mayor parte de la proteína alimenticia era rápidamente degradada en el rumen por los microorganismos lo que ahora comúnmente se refiere como proteína degradable (RDP). Los productos finales de esta fermentación son ácidos grasos volátiles, amoníaco, dióxido de carbono, aminoácidos y metano.

En los últimos años y debido a un incremento en la población mundial, ha habido una mayor presión hacia una producción animal eficiente. Precisamente, un aspecto muy importante que interviene para mejorar la producción animal es el manejo óptimo de la alimentación de los rumiantes (Avalos et al., 1993).

La producción eficiente de leche es la preocupación constante de los ganaderos. La integridad de la producción a través de la utilización correcta de los nutrientes tiene que ser el objetivo de los productores de leche. Con la adecuada alimentación se busca proveer una plataforma para mejorar la ganancia diaria de peso, mantener animales sanos con una buena condición en vacas de alta producción (Sghirla et al., 2014).

Es necesario primeramente comprender la complejidad del sistema digestivo de estos animales y sus requerimientos, ya que en él deben de considerarse tanto las necesidades de los microorganismos que habitan en el rumen, así como las del rumiante mismo. Esto involucra la existencia de dos ecosistemas independientes que interactúan en el proceso digestivo (Avalos et al., 1993, Guerrero, 2011).

Los requerimientos de proteína de los rumiantes se satisfacen por la proteína microbiana y por la proteína que escapa de la degradación ruminal (proteína de sobrepaso) y que se absorbe en el intestino delgado en forma de los aminoácidos que la conforman. La degradación de la proteína en el rumen es diferente entre alimentos debido a la tasa de proteólisis (Villalobos et al., 2000).

Como consecuencia de las necesidades nutricionales, hacen pensar en el desarrollo de métodos, procedimientos y alternativas que optimicen la productividad de los rumiantes, en particular la de los bovinos lecheros (Proaño et al., 2011).

La mayor parte de los tratamientos a que son sometidos los concentrados modifican su velocidad de degradación en el rumen y con ella la proporción de almidón a proteína que

es digerida en este u otros tramos posteriores del tracto digestivo. Ello puede tener una importante incidencia en la eficacia de utilización de la dieta y en la respuesta productiva del animal (Guerrero, 2011).

En la medida que aumenta el nivel productivo de las vacas, aumenta el requerimiento de proteína no degradable, ampliándose de esta forma la relación proteína-energía. Esto hace necesario un aumento de la concentración proteica en este período de lactancia y la alternativa que se presenta es aumentar la cantidad de proteína que sobrepase la degradación por los microorganismos del rumen (López, 2018).

1.2 Justificación

En una ganadería tan competitiva como la de hoy en día, donde los precios de los insumos, raciones y suplementos son cada vez más elevadas, es necesario buscar técnicas que permitan obtener una máxima eficiencia de los recursos utilizados (Clerc et al., 2017). Bajo el mismo contexto, el uso de proteína vegetal en la nutrición de los rumiantes representa un factor clave en la eficiencia alimenticia y por lo tanto en la eficiencia económica siempre y cuando se considere su valor nutritivo que muchas veces se enfoca a la digestibilidad de los nutrientes (Guerrero et al., 2011).

Así mismo para que el alimento sea utilizado con la máxima eficiencia el animal debe recibir los aminoácidos esenciales en las cantidades adecuadas para hacer frente a sus necesidades metabólicas. Por eso, es importante conocer otros criterios como la utilización de proteína protegida o de sobrepaso en animales rumiantes. Conocer el porcentaje de sobrepaso de algunos ingredientes de proteína vegetal como la soya, tomando criterios de costos sobre este trabajo en los rumiantes (Arechiga et al., 2002).

1.3 Hipótesis

El uso de proteína protegida a base de soya en la dieta de vacas lecheras incrementará la producción láctea. Mejorando los coeficientes de digestión de aminoácidos en el rumiante lo que podrá impactar sobre su eficiencia productiva y económica.

1.4. Objetivo general

Comparar dos tipos de pasta de soya como fuente de proteína de sobrepaso en la alimentación de vacas lecheras en su fase de producción.

1.5 Objetivos específicos

1. Comparar en dos establos las producciones de leche obtenidas con raciones alimenticias a base de proteína de pasta de soya normal (A) con raciones alimenticias cuya proteína fue parcialmente sustituida por pasta de soya procesada (B)
2. Realizar un análisis económico competitivo de costos de alimentación de cada tratamiento.
3. Determinar el mejor sistema de suplementación proteico de vacas lecheras de acuerdo al comportamiento productivo de los animales.
4. Estudiar la respuesta productiva y/o calidad de las producciones de bovinos de leche, así como el posible ahorro de proteína en sus dietas, por el uso de proteína de soya protegida.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Generalidades sobre la alimentación de una vaca lechera

El manejo de nutrimentos a nivel de sistema productivo es un área de reciente interés para la investigación y de creciente preocupación por parte de la sociedad y de los organismos reguladores de cuestiones ambientales. Una herramienta que se utiliza como indicador de manejo de nutrimentos (indicadores de sostenibilidad) es el balance de nutrimentos, que sirve para cuantificar (presupuestar) la entrada y salida de estos de los sistemas productivos, favoreciendo su manejo apropiado, en aspectos asociados a su eficiencia de utilización (Comerón et al., 2016).

La atención prestada a la gustocidad resulta escasa si se considera su importancia en la producción animal. Resulta claro que la productividad y los beneficios descenderán si los animales rechazan los alimentos totalmente o parcialmente como resultado de la presencia de polvo, enranciamiento, sabores, olores o textura (Guerrero, 2011).

El balance energético resulta un aspecto importante en la alimentación de los rumiantes, especialmente el desencadenamiento de eventos productivos y reproductivos y su relación con el perfil metabólico de las vacas lecheras. La producción de leche puede ser tan elevada durante la primera etapa de la lactancia, que resulta difícil satisfacer los requerimientos nutricionales de las vacas. La máxima producción ocurre de 4 a 6 semanas después del parto, mientras que el mayor consumo de alimento se alcanza hasta 8 a 10 semanas después lo que provoca un balance energético negativo (Proaño, 2015).

El balance energético negativo se da cuando la cantidad de energía requerida para mantenimiento y producción de leche excede la cantidad de energía que la vaca puede obtener de la dieta, este desbalance sufren todas las vacas los primeros días de lactación (Aguilar, 2017).

Una manera de mejorar considerablemente el uso de los alimentos, es el conocer y aplicar adecuadamente las propiedades nutritivas que estos ofrecen en la dieta de los animales. Por varias décadas se ha aceptado que la interacción entre la producción y la nutrición en bovinos productores de leche, es atribuida al consumo de energía y a la condición corporal del animal, pero también, el consumo y el tipo de proteína han demostrado tener una influencia en las respuestas productivas y reproductivas de los animales. Por lo

general, se formulan las dietas para incrementar las utilidades en términos de ingresos por concepto de producción (Mejía et al., 2007).

En el manejo de la alimentación de la vaca lechera está en gran parte la economía del sistema de producción, ya que aquí el uso de concentrados es elevado y por lo tanto los costos por alimentación también se incrementan. La vaca desde el momento del parto hasta su secado va pasando por diferentes etapas de producción y necesidades nutricionales lo que hace que la lotificación sea una práctica recomendada, permitiendo establecer la alimentación de cada vaca en cada condición y evitar con esto una sobre o sub-alimentación de la vaca (Sghirla, 2014).

2.1.1. Sistema digestivo del bovino

Los bovinos entre sus varias características es poder convertir y aprovechar productos de alta calidad nutritiva, materiales que no pueden ser aprovechados por los monogástricos (Aguilar, 2017).

La vaca con un suministro generoso de alimentos en el rumen, provee un ambiente apropiado para el crecimiento y reproducción de microbios. Los microbios ofrecen al rumiante la habilidad de usar carbohidratos complejos, tales como celulosas (un mayor componente de tejidos de plantas) y nitrógeno no proteico (urea y amoníaco) los cuales son de uso limitado para no rumiantes (Solano, 2011).

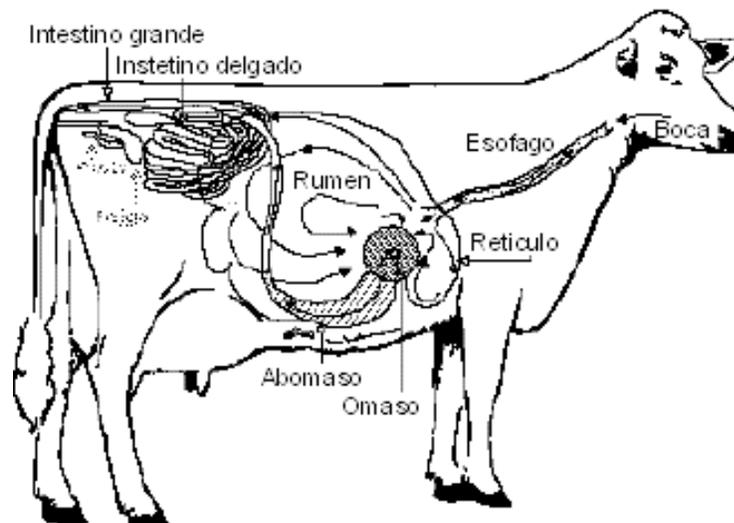


FIGURA 1. Sistema digestivo del bovino (Liñan, 2015).

Manipular la fermentación ruminal no es más que utilizar un conjunto de estrategias con el propósito de activar o modificar los sitios sensibles de desarrollo microbiano, producción de enzimas y productos finales de la acción microbiana, específicamente el patrón de fermentación y el pasaje de nutrientes (Galindo et al., 2017).

El rumen y el retículo trabajan indivisiblemente, por lo que también se les conoce como retículo-rumen (Mori, 2016).

2.1.1.1 Anatomía

Los animales rumiantes, tienen tres compartimentos pre-gástricos: rumen, retículo, omaso y abomaso que corresponde al estómago verdadero o estómago glandular (Mori, 2016).

Los rumiantes presentan características distintivas con respecto al resto de los mamíferos porque el rumen y el retículo, dos de los compartimentos preestomacales, se encuentran habitados por una de las más variadas, densas y activas poblaciones microbianas conocidas en la naturaleza (protozoos, bacterias, hongos y bacteriófagos), que desempeñan una función significativa en la degradación del alimento que consumen los animales (Galindo et al., 2017).

El rumen como el mayor de los compartimentos preestomacales de los rumiantes, con uno de los ecosistemas más complejos de la naturaleza. En este se integran bacterias, hongos, protozoos, bacteriófagos y, de manera ocasional, levaduras y productos finales de la fermentación (ácidos orgánicos, amoníaco y gases, entre otros). Los procesos fermentativos que se producen en este órgano se pueden manipular con la aplicación de diferentes estrategias, encaminadas a modificar los sitios sensibles para el desarrollo microbiano, producción de enzimas, productos finales de la acción microbiana, específicamente el patrón de fermentación, pasaje de nutrientes, entre otros (Galindo et al., 2017).

2.1.1.2. Función

De los nutrimentos incluidos en el alimento, la proteína y nitrógeno no proteico son utilizados por los microorganismos del rumen para producir proteína microbiana para cubrir sus necesidades. La proteína microbiana del rumen contribuye a llenar los requerimientos proteicos del animal (Avalos, 1993).

Los animales rumiantes tienen la ventaja sobre los animales de estómago simple (cerdo y aves) en que son capaces de utilizar alimentos simples o de baja calidad, para su sobrevivencia y producción, gracias a que están dotados de una cámara de fermentación (el retículo rumen o panza-redecilla) en donde vive una gran población cambiante de

microorganismos capaces de hacer la transformación a compuestos aprovechables por el animal superior, sin competir con el ser humano (González, 2009).

Los ruminantes cuya flora ruminal microbiana puede sintetizar proteínas a partir de fuentes de nitrógeno no proteico, las proteínas y aminoácidos que lo conforman se deben administrar en la dieta ya que la proteína que necesitan es mucho más alto en vacas productoras de leche (Arechiga, 2002).

El ecosistema ruminal se integra además, por productos finales de la fermentación microbiana que se produce en el órgano, entre ellos los ácidos grasos volátiles (AGV) y otros ácidos, amoníaco, gases y otros. El rumen es el reservorio más voluminoso del sistema digestivo y representa del 70 al 75 % del tracto gastrointestinal. La comunidad microbiana que lo habita se caracteriza por su alta densidad de población, amplia diversidad y complejidad de interacciones (Galindo et al, 2017).

2.2. Requerimientos nutricionales

2.2.1. Necesidades de proteína

La nutrición es la base fundamental para que el animal pueda proveerse de nutrimentos y de energía para realizar todas sus actividades (Liñan, 2015).

Las vacas en las explotaciones lecheras convierten cerca del 20 al 35% de la proteína cruda (PC) de la dieta en leche y el resto del nitrógeno (N) lo excretan en las heces y orina, causando problemas ambientales y de manejo de desechos. Por esta razón, los productores de leche se encuentran bajo la presión de utilizar sistemas productivos más eficientes y menos contaminantes; se considera que la manera más efectiva de hacerlo es reduciendo la concentración de PC en la dieta (Vargas et al., 2015).

La cantidad de nutrientes requeridos por los animales depende del peso corporal, tasa de crecimiento, nivel de producción, gestación y actividad diaria; y todo programa de nutrición debe ir enfocado a estos puntos para que el animal pueda llenar todas sus necesidades (Aguilar, 2017).

	LACTANCIA		
	INICIO <10 SEMANAS	MEDIA 10-20 SEM.	FINAL >20 SEM.
Consumo estimado, %PV	>4.0	3.5- 4.0	3.0- 3.5
PC, %MS	17-18	16-17	14-16
SIP, %PC	30-35	35-40	35-40
DIP, %PC	60-65	60-65	60-65
UIP, %PC	35-40	35-40	35-40
ENL, Mcal.kg, MS	1.65-1.76	1.60-1-65	1.50-1-60
FAD, %MS	18-20	21-23	22-24
FND, %MS	26-30	32-34	34-36
FND FORRAJE, %MS	20-22	23-25	25-27
CNE, %MS	35-40	35-40	35-40
Grasa maxima, %MS	6.-8	4.-6	4.-5

CUADRO 1. Requerimientos nutricionales de acuerdo estado fisiológico en bovinos leche (NRC, 2001).

UIP=Proteína no degradable ingerida **DIP**=Proteína digestible ingerida **ENL**=Energía neta leche **FAD**= Fibra detergente ácido **FND**=Fibra detergente neutro **CNE**=Carbohidratos no estructurales y/o no fibrosos **PC**= Proteína cruda **MS**= Materia seca

En estas circunstancias el animal queda expuesto a unas condiciones críticas a las cuales trata de adaptarse para suplir las deficiencias en los requerimientos por medio de la movilización de reservas corporales, constituidas principalmente por lípidos concentrados en los adipocitos y en menor proporción, por proteínas musculares y minerales óseos (Montoya et al., 2015).

En vacas de alta producción, las necesidades de energía para producción suelen ser entre 2 a 3 veces las que necesitan para mantenimiento (Bauza, 2016).

Para disminuir los problemas ocasionados a partir del desbalance energético del animal se deben integrar factores de manejo nutricional con una suplementación estratégica adecuada, mejores sistemas de manejo reproductivo y el control de las situaciones de estrés que el animal presenta (Proaño, 2015).

El peso corporal de la vaca es un factor condicionante de la eficiencia en los sistemas de producción bovina, ya que en gran medida del peso corporal de la vaca determina los requerimientos nutricionales de mantenimiento. El peso corporal de una vaca es el resultado

de la interacción del potencial genético de crecimiento y el ambiente (alimentación y manejo), y tiende a atender necesidades fisiológicas (Aguilar, 2017).

Las vacas con altos niveles de producción utilizan de manera más eficiente la energía en comparación con las vacas de baja producción y a su vez la respuesta a la energía de la ración es más alta en la lactancia temprana que a finales de la lactación. El balance energético en un animal es la diferencia entre la cantidad de energía que ingiere y la cantidad de energía. Entre otros factores, está influido por la producción de leche y la ingestión de alimentos (Ortuño et al., 2016).

Desde hace muchos años, los nutricionistas trabajan en la manipulación de los procesos de fermentación ruminal, con el propósito de alcanzar sincronización entre los metabolismos energéticos y nitrogenados en el rumen y, consecuentemente, elevar la respuesta productiva de los animales (Galindo et al., 2017).

Uno de los nutrimentos más importantes o quizás el más importante es la proteína y aminoácidos para la producción animal, ya que en muchas granjas y empresas ganaderas descuidan el suministro adecuado de este nutrimento y por eso se obtiene pérdidas económicas y productivas (Arechiga, 2002).

Cuando la producción de proteína microbiana es limitada o cuando los requerimientos de aminoácidos son altos, la proteína sintetizada por los microorganismos ruminales no puede por sí solos llenar las necesidades del rumiante. Esto ocurre principalmente en animales con alta producción lechera, o bien en crecimiento (Avalos, 1993).

Las plantas y muchos microorganismos son capaces de sintetizar proteínas a partir de compuestos nitrogenados simples, tales como los nitratos. Los animales rumiantes no pueden sintetizar el grupo amino, y para poder formar sus proteínas necesitan que los aminoácidos les sean suministrados en el alimento (Arechiga, 2002).

La industria lechera a nivel mundial ha pasado de equilibrar raciones en proteína bruta a utilizar proteína metabolizable y aminoácidos metabolizable (Mori, 2016).

Bajo éstas condiciones es necesaria proteína que no se degrade en el rumen sino hasta el estómago verdadero (abomaso), y que se absorba a nivel del intestino delgado en forma de péptidos y aminoácidos. Esta proteína es conocida como proteína sobrepasante, proteína de escape a proteína "bypass". Se ha observado un incremento en el interés por determinar la calidad de las fuentes proteicas empleadas en la elaboración de raciones para el ganado (Avalos, 1996).

Una nutrición adecuada es esencial para alcanzar una buena producción de leche y los nutrimentos considerados básicos para la actividad reproductiva de los rumiantes son la energía, proteína, grasas, vitaminas y minerales. Un aspecto fundamental que se debe considerar para modular la fermentación ruminal es optimizar el crecimiento microbiano, al incrementar la eficiencia de síntesis de proteína microbiana ruminal (Galindo et al., 2017).

Es importante conocer otros criterios como la utilización de proteína protegida o de sobrepaso en los animales rumiantes. Por lo que resulta necesario conocer el porcentaje de proteína de sobrepaso de algunos ingredientes o alimentos que se utilizan en los animales rumiantes (Arechiga, 2002).

La proteína degradable en rumen proporciona una mezcla de péptidos, aminoácidos libres, y amoníaco, para el crecimiento microbiano y la síntesis de proteína microbiana. La proteína microbiana representa la mayor parte de la proteína que sale del rumen (55 a 87% del total de nitrógeno). Generalmente ésta puede ser insuficiente para aportar el total de aminoácidos requeridos por los animales de elevada producción (Díaz, 2016).

La nutrición animal ha venido siendo cada vez más precisa con el objetivo de lograr la máxima eficiencia al menor costo y el menor impacto ambiental. Los aminoácidos son requeridos sobre un patrón ideal para cubrir las necesidades fisiológicas de los animales en las diferentes etapas de vida. Los rumiantes pueden aprovechar aminoácidos esenciales de la microflora ruminal, sin embargo ésta es insuficiente para llenar los requerimientos de vacas altas productoras (Vargas et al., 2015).

Así a medida que aumenta la producción, la contribución parcial de la proteína microbiana al total de aminoácidos aportados al intestino disminuye y la cantidad de proteína alimentaria que llega sin degradar al intestino debe aumentar para cubrir sus necesidades; tomando racionamiento basado en el uso de bacterias asociadas a la fracción líquida como referencia y la sobrevaloración asociada del contenido en proteína *by-pass* de los alimentos. Por ello implicaría una mayor contribución de la proteína microbiana a la cobertura de las necesidades nitrogenadas, así como una menor concentración de proteína no degradable en los alimentos, lo que revaloriza esta fracción, y un mayor contenido proteína degradable en el rumen, que implica sus problemas asociados ya expuesto (Díaz, 2016).

2.2.1.1. Definición de proteína

La palabra Proteína, proviene del griego “proteios” que significa “primordial” o “primer lugar”, en cuya composición interviene el nitrógeno (N), y la cual, es sin duda la más importante de todas las sustancias conocidas en el “reino orgánico”. Aunque las proteínas no son las que aportan más energía, si son esenciales, ya que constituyen uno de los nutrimentos de mayor trascendencia en los seres vivos (Toledo, 2016).

Las proteínas son compuestos inorgánicos complejos de elevado peso molecular. Contienen, al igual que las grasas y los carbohidratos oxígeno, carbono e hidrógeno, pero todas ellas tienen además nitrógeno y muchas de ellas azufre. Además, se caracterizan porque provienen de cadenas de aminoácidos, caracterizados por un radical amino (NH₂), y un grupo carboxilo (COOH) unida con un carbono central en su estructura (Arechiga, 2002).

Las proteínas constituyen uno de los componentes fundamentales de las fórmulas de nutrición, que suelen clasificarse según criterios como su densidad calórica y proteica o la forma molecular que tiene la proteína (León, 2005).

Las proteínas están constituidas por moléculas más sencillas denominadas aminoácidos, cuyo número y distribución en cada proteína está codificado genéticamente. El número de aminoácidos es de veinte, de los cuales diez son esenciales porque la biosíntesis es insuficiente (arginina, histidina, isoleucina, leucina, metionina, fenilalanina, triptófano y valina) o imposible (lisina y treonina), por tanto su demanda debe cubrirse con aportes en la dieta.

Los restantes diez aminoácidos (glicina, alanina, serina, tirosina, ácido aspártico, asparagina, ácido glutámico, glutamina, prolina y cistina) no son esenciales ya que pueden ser sintetizados desde compuestos intermediarios del metabolismo hidrocarbonado o desde otros aminoácidos (Díaz, 2017).

Los aminoácidos esenciales cuyas concentraciones en las proteínas se hallan por debajo de los niveles de la proteína de referencia se denominan aminoácidos limitantes (Toledo, 2016).

Cualquier proteína es un polímero de aminoácidos unidos entre sí por un enlace peptídico (León, 2005).

Las proteínas animales como las vegetales suelen tener una riqueza adecuada de Histidina, Isoleucina, Leucina, Fenilalanina más Tirosina, y Valina. Estos aminoácidos no

suelen ser limitantes en los alimentos básicos. Es más frecuente que los aminoácidos limitantes sean Lisina, Treonina, Triptófano o los sulfurados (Metionina, Cisteína, Cistina) (Toledo, 2016).

2.2.2. Función de las proteínas en los rumiantes

Anteriormente y sobretodo en vacas de alta producción, el déficit energético al inicio de la lactancia, afecta también la producción de proteína microbiana. Esto hace necesario un aumento de la concentración proteica en este período de la lactancia (López, 2018).

Las proteínas son constituyentes orgánicos indispensables para los organismos vivos y conforman la clase de nutrimentos que se encuentran en la alimentación es mas elevada en los tejidos musculares de los animales (Arechiga, 2002).

La proteína no degradable en el rumen, que es la porción del consumo total de proteína que no es degradable y pasa intacta al intestino delgado; también se le llama proteína de sobrepaso (by-pass). Las proteínas tienen dos funciones generales: suministrar los aminoácidos necesarios para la síntesis metabólica de las diferentes funciones estructurales y productivas de la vaca, y ser la fuente de energía al inicio de la lactación en la gluconeogénesis (Mori, 2016).

El triptófano, la lisina y la metionina son los aminoácidos esenciales que representan mayores problemas para la nutrición animal, debido a su carencia; La lisina es requerida en el cuerpo para la creación de carnitina, usada en el metabolismo de las grasas. Este aminoácido estimula la síntesis de colesterol en el hígado, La metionina es usada en la manufactura de taurina, el cual es un aminoácido importante para la función cardiaca, así como un neurotransmisor en el cerebro y el triptófano es un precursor del neurotransmisor serotonina (Toledo, 2016).

Las proteínas se digieren en el aparato digestivo para liberar sus aminoácidos constituyentes. En el organismo estos aminoácidos se incorporan a un fondo general de reserva con diferentes destinos: síntesis de distintas moléculas (proteínas, otros aminoácidos, glucosa, glutatión, vitaminas, etc.), energía y catabolismo (León, 2015).

Las proteínas representan una proporción variable del peso vivo del animal (10-20%) pero sin embargo el contenido en la masa corporal desengrasada es prácticamente constante (21%) (Diaz, 2017).

La proteína en exceso se utiliza para la energía que se da a través de la desaminación de los aminoácidos y resulta en excreción de urea. La utilización de altas cantidades de proteína cruda en las raciones puede provocar una alta excreción de nitrógeno ureico al ambiente aparte de que puede ser perjudicial para la salud del animal, sin garantizar que se estén llenando los requerimientos de aminoácidos (Vargas et al., 2015).

En los animales rumiantes, la mayor parte de la energía y de la proteína disponible se genera a partir de la fermentación ruminal (Galindo et al., 2017).

La calidad nutritiva de una proteína o una mezcla de proteínas, es ideal cuando contiene todos los aminoácidos esenciales en las proporciones que permitan una velocidad de crecimiento óptima y una capacidad de mantenimiento óptima (Toledo, 2016).

2.2.3. Vías de suministro proteico para los rumiantes

El animal rumiante satisface sus necesidades de proteínas via dos fuentes: el animal que ingiere y la que transforma a protoplasma microbial. Las proteínas microbiales y las ruminalmente no degradables del alimento, ya en el intestino son hidrolizados a aminoácidos los cuales se utilizan en el metabolismo intermedio del animal (Arechiga, 2002).

Los requerimientos de proteína para rumiantes normalmente se satisfacen por dos fuentes: la primera es la proteína de origen microbiano que está disponible a nivel post-ruminal y la segunda es la proteína de la dieta que escapa a la digestión ruminal, pero que es digerida en el intestino delgado (Villalobos et al., 2000).

Las necesidades proteicas se calculan en forma factorial, considerando mantenimiento, crecimiento, gestación y lactación y se determinan en gramos de proteína metabolizable (PM) o valor proteico de los ingredientes (PDI). En el rumiante, el aporte de PM tiene dos orígenes: la proteína microbiana sintetizada en el rumen y la proteína de origen alimentario (López, 2018).

A nivel reticulo- rumen, los microorganismos utilizan el amonio como fuente de nitrógeno, sin importar que proceda de degradación de proteínas o de nitrógeno no proteico. La digestión de las proteínas está relacionada con su grado de solubilidad a mayor solubilidad de esta habra mejor liberación de amonio en el rumen, por lo que la síntesis de proteína microbiana sera aumentada (Arechiga, 2002).

Una de las prácticas más acertadas y relativamente fáciles de realizar en materia de manipulación, es balancear la dieta considerando los requerimientos nutricionales del animal

y de los microorganismos que habitan en el rumen. Para manipular la fermentación microbiana ruminal a partir de la dieta que se suministra, se pueden utilizar dos vías: optimizar la fermentación mediante el empleo de diferentes métodos de manejo de la ración y modificar el alimento antes de su suministro a los animales (Galindo et al., 2017).

Destacan dos fenómenos que suceden en el rumen: uno relacionado con la degradación de los alimentos fibrosos, azúcares solubles, grasas y la proteína que pueden absorberse a través de la pared del rumen o ser utilizados por los microorganismos en su propia estructura; el otro con la utilización de los compuestos nitrogenados (proteínas) formando aminoácidos (la estructura básica de las proteínas) o amonio un elemento simple nitrogenado. Con los elementos simples de éstas dos vías, un ácido graso volátil y un grupo amonio, se forman los aminoácidos que dan lugar a las proteínas microbianas, que muchas veces resultan de mejor calidad que los compuestos que entraron con los alimentos (mrg@uaemex.mx).

La síntesis de proteína microbiana es limitada principalmente por la cantidad de energía, limitada anaerobicamente. Por dicha la razón el flujo duodenal de aminoácidos provenientes de la síntesis microbiana puede no ser adecuada para el crecimiento; por tanto este responderá bien a la suplementación de proteína dietética, como la soya, incrementando el consumo de proteína degradable, así como el flujo de proteína dietética al intestino delgado (Arechiga, 2002).

A diferencia de los monogástricos, en los rumiantes las necesidades de aminoácidos son cubiertas parcialmente a través de la proteína microbiana sintetizada en rumen ya que la flora ruminal es capaz de sintetizar todos los aminoácidos, incluyendo los esenciales, incluso desde compuestos nitrogenados sencillos (Díaz, 2017).

En la nutrición animal existe un patrón ideal de aminoácidos absorbidos para cada una de las funciones fisiológicas. Los animales superiores requieren un núcleo de nueve aminoácidos para mantenimiento y propósitos productivos, a saber: lisina, histidina, leucina, isoleucina, valina, metionina, treonina, triptófano y fenilalanina (Vargas et al., 2015).

La proteína microbiana se produce a partir de la fermentación de los diferentes compuestos nitrogenados (proteína verdadera y nitrógeno no proteico) y de la energía disponible en el rumen, además de constituir la fuente proteica principal para el animal (la mayor parte de la proteína metabolizable) en condiciones normales de alimentación (Galindo et al., 2017).

Es importante recordar que la proteína que llega al duodeno de un rumiante está compuesta principalmente por la proteína microbiana y la proteína de origen alimenticio que no se degrada en el rumen, mientras que la proteína no degradada posee una digestibilidad y un valor biológico muy variables, la proteína microbiana es altamente digestible, de muy alta calidad y con una determinada composición en aminoácidos (Romero, 2016).

El ecosistema ruminal se garantiza por el aporte regular de nutrientes para los microorganismos y el animal hospedero, procedentes de la ingestión de alimentos (Galindo et al., 2015).

Los animales monogástricos reciben estos aminoácidos vía dieta, y los ruminantes pueden, además de esa misma vía, adquirir cantidades substanciales de estos Aminoácidos a través de la digestión de microorganismos sintetizados en el rumen (Vargas et al., 2015).

2.2.4. Requerimientos de proteína en bovinos de leche

La calidad de las proteínas de los alimentos depende de su contenido de aminoácidos esenciales (González, 2009).

Las necesidades en aminoácidos esenciales de las vacas altas productoras son más difícilmente satisfechas. Las proteínas que llegan al intestino de origen microbiano son limitadas en relación a sus necesidades y las provenientes del alimento no tienen una composición completamente equilibrada para la secreción de leche y las proteínas alimenticias de buena calidad como la pasta de soya no son capaces de suministrar sus aminoácidos porque una parte importante de su proteína es catabolizada en el rumen y transformada en amoníaco por las enzimas proteolíticas de las bacterias del rumen (López, 2018).

Existe una gran variedad de ingredientes y subproductos de origen animal que pueden ser utilizados en la alimentación de ruminantes como fuente de proteína no degradable en rumen (PNDR), tales como la harina de carne, harina de sangre, harina de plumas y harina de pescado (Mejía et al., 2007).

La metionina y la lisina son considerados los dos aminoácidos más limitantes para la síntesis de leche y la síntesis de proteína láctea ya que la concentración de ambos aminoácidos son los que se excretan en mayor proporción por la glándula mamaria. Además, la lisina se ha identificado como el primer aminoácido limitante cuando la dieta se compone de alimentos a base de maíz y sus derivados, mientras que la metionina se considera

limitante cuando las fuentes de proteína de sobrepaso se componen de productos derivados de la soya o proteínas de origen animal (Aguilar et al., 2015).

La relación entre la proteína y la energía es importante en la optimización y eficiencia de la producción. Así al balancear la ración es importante recordar que la cantidad de proteína y su degradabilidad en el rumen, pueden ser usadas para la aportación directa de la energía (Arechiga, 2002).

La alimentación y manejo de las vacas lecheras de alta producción es un desafío en cualquier área del mundo, independientemente del tipo de alimento o instalaciones disponibles (Mori, 2016).

La utilización de concentrados proteicos en las dietas actuales de los establecimientos lecheros generan grandes egresos monetarios, debido a los costos de comercialización de los mismos, de esta manera acompañado por la actual coyuntura económica de la lechería surgen subproductos de menor difusión a los que se utilizarían normalmente (Díaz, 2017).

Las necesidades promedio de proteína para vacas lecheras, fluctúan entre 12-20% de la ración alimenticia en base seca (López, 2018).

La alimentación es uno de los factores de mayor importancia para lograr expresar el potencial del ganado en diferentes etapas de su crecimiento o producción. Un adecuado balance entre la cantidad de nutrientes nos dará como resultado niveles altos de producción sin desmejorar la condición corporal. Estos alimentos deben proporcionar energía, proteína, fibra, carbohidratos, grasa, vitaminas, minerales y otros nutrientes en diferentes proporciones y calidades (Mori, 2016)

2.3. Metabolismo de las proteínas

Una gran parte de los compuestos nitrogenados del alimento (proteína verdadera y nitrógeno no proteico) son degradados en el rumen hasta el nivel de amoníaco por microorganismos anaeróbicos. Estos microorganismos causan las mayores transformaciones de los compuestos nitrogenados de la ración, al convertir gran parte del nitrógeno de la misma a amoníaco. La proteína verdadera del alimento es degradada en el rumen a una proporción variable de péptidos, aminoácidos y amoníaco, y éstos compuestos a su vez utilizados principalmente en la síntesis de proteína microbiana (Avalos, 1993).

La proteína es particularmente vulnerable a la fermentación ruminal. Los microorganismos del rumen son capaces de sintetizar todos los aminoácidos, incluyendo los

esenciales para el hospedero. Por lo tanto, los rumiantes son casi totalmente independientes de la calidad de las proteínas ingeridas. Además, los microorganismos pueden utilizar fuentes de nitrógeno no proteico, como sustrato para la síntesis de aminoácidos (López, 2018).

Los rumiantes comparten ciertas similitudes con los monogástricos en los procesos de digestión de las proteínas. Estos son los que se dan a nivel intestinal, donde las proteínas y los péptidos son degradados en aminoácidos simples por las enzimas pancreáticas y de la membrana apical de los enterocitos (Clerc et al., 2017).

La proteína consumida por los rumiantes es degradada por las bacterias y protozoarios en el retículo-rumen. Una fracción de la proteína del alimento escapa al rumen, pero el resto es degradada a péptidos, aminoácidos libres, que son atacados por enzimas y finalmente, se libera amoníaco. Estos subproductos son utilizados para la síntesis de proteína por los microorganismos ruminales (Romero, 2016).

La absorción de Aminoácidos, provista por la proteína de sobrepaso, el nitrógeno endógeno y la síntesis de (PMo), es esencial para la construcción de tejido y proteína láctea, así como en menor medida, también para la síntesis de otros metabolitos del cuerpo. Así por ejemplo, la metionina es importante para producir formilmetionina cuya función es iniciar la síntesis de proteína. La metionina es un aminoácido nutricionalmente indispensable que puede ser usado para la síntesis de proteína e incorporado al ciclo de Metionina. También produce adenosilmetionina, donador de grupos metilo que participan en reacciones para la biosíntesis de lípidos y otros compuestos que están envueltos en el transporte de lípidos hacia el torrente sanguíneo (Vargas et al., 2015).

Durante el estrés por calor el incremento del porcentaje de proteína en la ración por encima de las necesidades estimadas, produce una elevación de la producción de leche. Por otro lado, un exceso de proteína puede ser contraproducente ya que la excreción de urea proveniente del amoníaco absorbido a nivel ruminal, disminuye la energía neta disponible para producción, al aumentar la exigencia de energía de mantenimiento para excretar la orina, por lo tanto, se aumenta la producción total de calor corporal, aumentando el estrés térmico (Abreu et al., 2017).

La proteína de la dieta puede seguir tres caminos:

- 1-Convertirse en amoníaco y pasar a proteína microbiana.
- 2-No ser degradada en el rumen y pasar como tal a los compartimientos subsiguientes.

3-Ser utilizada en la fabricación de proteína microbiana sin pasar a amoníaco (a partir de aminoácidos o péptidos) (Clerc et al., 2017).

La proteína bacteriana y protozoaria se compone generalmente en un 80% de proteína microbiana verdadera y en un 20% de ácidos nucleicos. Dado que la proteína microbiana verdadera se digiere en un 70-80%, en el intestino se absorbe 64-68% de la proteína bacteriana cruda en forma de proteína microbiana verdadera (Avalos, 1993).

Una vez absorbidos los aminoácidos a través del intestino, estarán disponibles para todas las células del cuerpo para la síntesis de proteínas. Los aminoácidos en el torrente sanguíneo son los precursores directos para la síntesis de la caseína, principal proteína láctea, en las células secretoras de la glándula mamaria (Vargas et al., 2015).

La proteína originada de la PMo y la PNDR, una vez absorbida, es destinada para cubrir los requerimientos de proteína asociados a las funciones de mantenimiento y crecimiento del animal (Clerc et al., 2017).

2.3.1. Sistema de proteína metabolizable

La digestibilidad de una proteína se define como el porcentaje de la misma que es absorbida por el organismo después de la ingestión, esta medición de calidad, es más confiable debido a que independientemente de la cantidad presente de un aminoácido determinado, puede no ser disponible para la nutrición del animal (De Luna, 2006).

Existe normalmente en forma continua un flujo de microbios que provenientes del rumen llegan al intestino delgado donde son digeridos y absorbidos. La satisfacción de las necesidades de aminoácidos son fácilmente aseguradas por la proteína digerida y absorbida de estos microbios. En efecto las proteínas microbianas son sintetizadas en cantidad suficiente para satisfacer las necesidades de estos animales y su composición en aminoácidos esenciales es bastante bien equilibrada comparativamente a la proteína de la leche (Arechiga, 2002).

La proteína metabolizable es digerida posruminal y sus componentes son los aminoácidos absorbidos en el intestino delgado. Está constituida por la proteína microbiana que se sintetiza en el rumen, la proteína de sobrepaso en el rumen o no degradable en el rumen y la proteína endógena (Diaz, 2017).

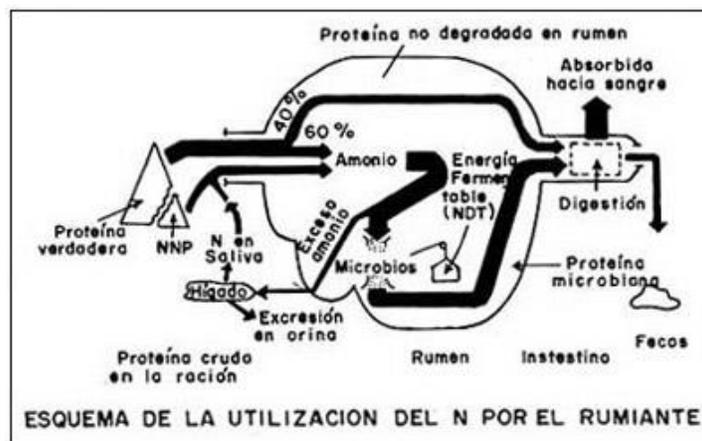


FIGURA 2. Esquema del metabolismo del nitrógeno en un animal rumiante (Romero, 2016).

La proteína protegida, se considera que posee una mayor biodisponibilidad intestinal que las fuentes análogas. Dichos resultados se han encontrado evaluando concentraciones plasmáticas de Metionina cerca de la ubre y relacionándolas con concentraciones de proteína verdadera en leche (Vargas et al, 2015).

Los siguientes factores importantes necesitan ser considerados en la eficiencia de la utilización de la proteína metabolizable.

- 1) La composición de aminoácidos de la proteína metabolizable es críticamente importante e implica que los requerimientos de aminoácidos deben ser determinados para mantenimiento y ganancia.
- 2) La eficiencia con la cual éstos aminoácidos son utilizados.
- 3) El efecto del procesamiento en la disponibilidad de aminoácidos del alimento y suplementos, pudiendo hacerlos de poco o ningún uso biológico (Avalos, 1993).

El amoníaco resultante de la degradación microbiana de proteína y absorbido a través de la pared ruminal, puede ser reciclado por medio de la circulación rumino-hepática del nitrógeno. Esto involucra un transporte del amoníaco hasta el hígado por medio de la sangre. Ya en el hígado el amoníaco es transformado a urea, en un proceso que incluye gasto de energía, y ésta es transportada a las glándulas salivales. A través de la saliva la urea llega al rumen donde es convertida nuevamente a amoníaco (Avalos, 1993).

La proteína microbiana más la proteína que escapa al rumen (llamada proteína sobrepasante o de sobrepaso ruminal) proveen de aminoácidos al animal; cuando la degradación de la proteína es rápida, los microorganismos ruminales no pueden utilizar todos los péptidos, aminoácidos y amoníaco liberados, constituyendo una pérdida de proteína en forma de amoníaco (Romero, 2016).

La PM originada de la PMo y la PNDR, una vez absorbida, es destinada para cubrir los requerimientos de proteína asociados a las funciones de mantenimiento y crecimiento del animal (Aguilar, 2016).

La cantidad de aminoácidos que sobrepasa el rumen llega al intestino y es absorbida hacia la vena porta. El hígado será el primer órgano en reconocer el aminoácido, ya que éste es el sitio catabólico de algunos aminoácidos esenciales como metionina, histidina, fenilalanina y tirosina (Vargas et al., 2015).

2.2.2. Síntesis de la proteína microbiana

Los componentes nitrogenados no proteicos no pueden ser utilizados por los monogástricos, pero sí pueden ser utilizados por las bacterias ruminales para la síntesis de proteína. La proporción mayor de aminoácidos disponible para el rumiante se origina en la proteína bacteriana sintetizada en el rumen (Romero, 2016).

A partir del amoníaco, las bacterias del rumen pueden sintetizar proteína bacteriana, la cual será arrastrada junto con el contenido digestivo a segmentos posteriores del tracto intestinal (Avalos, 1993).

Los requerimientos proteicos del animal son cubiertos por dos fuentes de proteína; proteína microbiana sintetizada en el rumen y por proteína; de la dieta que escapa la degradación ruminal (Mejía et al., 2007).

La principal fuente de proteína para los rumiantes es la proteína microbiana, además de la proteína de origen alimenticio que no es degradada en el rumen (González, 2009).

La síntesis de proteína microbiana, depende primariamente del aporte nitrogenado de la ración y luego, del suministro oportuno de energía que requieren los microorganismos del rumen. En la medida que aumenta el nivel productivo de las vacas, aumenta el requerimiento de proteína no degradable, ampliándose de esta forma la relación proteína-energía (López, 2018).

La cantidad de proteína microbiana sintetizada está directamente influenciada por el nivel de carbohidratos digeribles en la dieta (Mejía et al., 2007).

La producción de proteína microbiana se estima en 130g/kg de nutrientes digeribles totales, siempre y cuando el suministro de proteína degradable en el rumen exceda de 1.18 x proteína microbiana kg/d, cuando el consumo de proteína degradable en el rumen es inferior, la producción de proteína microbiana se estima en 0.85 x proteína degradable en el

rumen. La eficiencia de síntesis de proteína microbiana (g de nitrógeno/kg de materia orgánica) fermentable a sido estimada en 29.74g/kg de producción de proteína microbiana cuando el balance de nitrógeno es 0, es decir, la disponibilidad de nitrógeno en el rumen (proporcionada por la dieta y reciclado) no se encuentra ni en exceso ni en déficit en relación a las necesidades de los microorganismos ruminales (Díaz, 2016).

El amoníaco es el principal compuesto nitrogenado que utilizan los microorganismos para la síntesis de aminoácidos y proteínas; para esto se requiere suficiente energía o carbohidratos (López, 2018).

En caso de un consumo excesivo de proteína, la eficiencia de su utilización es reducida debido a que la proteína disponible es mayor que la que el animal puede procesar fisiológicamente para la síntesis y deposición proteica (Avalos, 1993).

La eficiencia de la síntesis de proteína microbiana esta negativamente correlacionada con la disponibilidad de nitrógeno ruminal. La reducción de la eficiencia microbiana al aumentar la disponibilidad de nitrógeno ruminal, se asocia con el menor aprovechamiento energético de la fermentación de la proteína frente a la fermentación de los carbohidratos (Díaz, 2016).

El elevado aporte de proteína bacteriana al total de requerimientos y un déficit relativo de energía, limita la síntesis proteica bacteriana produciéndose con ello un exceso de amoníaco en el rumen que se absorbe a través de la pared ruminal provocando problemas de salud y fertilidad; además, esto afecta la producción de leche y su contenido de sólidos totales (López, 2018).

Los microorganismos del rumen necesitan un adecuado balance de nitrógeno – energía para realizar una eficiente digestión ruminal. Se ha sugerido que dietas con un contenido menor a 6 a 8 % de Proteína Bruta serían limitantes para los microorganismos ruminales, en estas condiciones suplementar con una fuente de Proteína Degradable en Rumén sería beneficioso (Romero, 2016).

En el ganado de carne se ha indicado una menor deficiencia en la síntesis de proteína microbiana que en el ganado lechero debido probablemente a la elevada población de bacterias aminolíticas promovidas por sus dieta. Así mismo una menor contribución de proteína microbiana a los requerimientos de proteína total, no solo por lo anterior, sino también por una menor síntesis de proteína microbiana, debido a la falta de incremento de consumo de materia seca en ganado de carne (Díaz, 2016).

La cuantificación del crecimiento microbiano se puede llevar únicamente mediante la utilización de marcadores microbianos, siendo la relación marcador microbiano: nitrógeno, un parámetro fundamental en la estimación de la síntesis de la proteína microbiana y la eficacia de la síntesis microbiana. La muestra de microorganismos utilizados como referencia para determinar la síntesis de proteína en la mayoría de los estudios *in vivo* correspondió a bacterias aisladas de la fase líquida del rumen (Díaz, 2016).

2.2.3. Degradabilidad de las fuentes de proteína en el rumen

Por algún tiempo se consideró que la naturaleza de los compuestos nitrogenados ingeridos era de poca importancia para la nutrición de los rumiantes, porque estos materiales eran completamente desdoblados en el rumen y por último quedaban disponibles para el animal como proteínas microbianas de composición consistente (Avalos, 1993).

Los rumiantes son animales capaces de utilizar una gran variedad de fuentes nitrogenadas, gracias a la simbiosis con los microorganismos del rumen. De esta manera, pueden ser degradados desde compuestos nitrogenados con un gran peso molecular y estructura compleja (proteínas animales), hasta compuestos simples de estructura sencilla (urea, sales de amonio (Mejía et al., 2007).

La pasta de soya es un ingrediente proteico comúnmente usado para la alimentación animal por su aporte de proteína y, especialmente, de aminoácidos esenciales, como la lisina. Al ser removido el aceite resulta un subproducto (pasta de soya) que presenta un aceptable contenido de energía metabolizable y alta digestibilidad de proteínas. La harina o pasta de soya se ha caracterizado por ser un ingrediente básico para la nutrición animal, principalmente por su contenido proteico que varía entre el 44 y 49% (López, 2015).

La baja degradabilidad ruminal de la proteína constituye una característica deseable en los suplementos proteicos para rumiantes, ya que implica desviar su digestión del rumen al intestino delgado, donde puede ser utilizada como fuente complementaria de la proteína microbiana (Guerrero, 2011).

Los principales desechos se encuentran compuestos con presencia de nitrógeno y fósforo, principal causa por la que se comenzó a realizar diferentes valoraciones del contenido proteico de cada alimento y el real aprovechamiento por el animal, principalmente en rumiantes debido a que se encuentran dentro de los animales de mayor producción de efluentes (Díaz, 2017).

La degradación básicamente involucra dos pasos: hidrolización de la cadena péptida (proteólisis) para producir péptidos y aminoácidos, y desaminación y degradación de aminoácidos; después de la proteólisis, los péptidos o aminoácidos liberados pueden dejar el rumen-retículo, y ser utilizados para el crecimiento microbial, o pueden ser degradados a amoniaco y ácidos grasos volátiles. Los aminoácidos son rápidamente degradados en el rumen, por lo que pocos aminoácidos están disponibles para absorción o pasaje del rumen-retículo.

Los sistemas recientes propuestos para calcular los requerimientos de proteína para rumiantes han reconocido la importancia de la degradación de la proteína en el rumen, como el principal factor que determina la proteína que se absorbe en el intestino delgado (Villalobos et al., 2000).

La digestión en el rumen de la proteína dietética va a depender del tipo de alimentación, de las bacterias ruminales, del mismo animal, tiempo que dure en el rumen y propiedades físicas y químicas de las proteínas (Arechiga, 2002).

Si bien incrementos en el nivel y la proporción de PNDR tienen un impacto positivo sobre la productividad animal, particularmente cuando se pretenden conseguir elevados niveles de producción, es posible que elevadas temperaturas en el proceso de elaboración generen la reacción de Maillard, provocando que parte de los carbohidratos y proteínas se ligen en una forma química, transformándose en compuestos para el animal (Anzolabehere et al., 2017).

La degradación de la proteína dietética en el rumen es un proceso complejo que involucra muchos microorganismos, los cuales proporcionan las enzimas necesarias para hidrolizar los enlaces peptídicos y aminoácidos. Estos productos de la degradación ruminal son transportados dentro de las células microbianas y siguen las siguientes rutas metabólicas.

- Los péptidos son degradados en aminoácidos por peptidasas.

-Segun la energía (en forma de carbohidratos) disponible en la célula microbiana, los aminoácidos pueden ser usados en la síntesis de proteína microbiana o pueden ser desaminados produciendo NH_3 y esqueletos carbonados que son fermentados a ácidos grasos volátiles (Diaz, 2016).

La proteína degradable en el rumen es degradada por la acción de los microorganismos ruminales y tiene diferentes grados y velocidades de degradabilidad. La

proteína soluble es aquella porción de la proteína degradable que se digiere rápidamente en el rumen. Esta degradación dependerá de la solubilidad en el líquido ruminal y está formada por nitrógeno no proteico; es decir, aminos, amidas, péptidos, aminoácidos libres y amonio (Mori, 2016).

La degradación de las proteínas en los compartimentos estomacales de los rumiantes depende de varios factores algunos de los cuales están relacionados con las dietas, mientras que otros están relacionados con el animal. Los principales factores que afectan la cantidad de proteína microbiana que es degradado en el rumen son el contenido proporcional de proteínas y nitrógeno no proteico, las propiedades físicas y químicas de las proteínas, el tiempo de retención de la proteína en el rumen, la actividad proteolítica microbiana y el Ph ruminal. La degradación ruminal de la proteína normalmente provoca una pérdida de proteína neta debido a que la proteína microbiana está compuesta de un 15- 20% de ácidos nucleicos, los cuales no están disponibles para el metabolismo del ganado (Díaz, 2016).

2.4. Definición de proteína protegida (sobrepaso)

El requerimiento de aminoácidos para rumiantes y la forma en que deben ser suplementados pueden aumentar al conocer las demandas de los altamente productores.¹³

En el caso de existir por parte del rumiante un requerimiento de proteína alto, que va más allá de la capacidad de síntesis proteica en el rumen, el suministro al animal de fuentes proteicas que pasen sin degradar por el rumen, y puedan ser digeridas en el intestino se vuelve importante (Avalos, 1993).

Los requerimientos de energía y proteína para mantenimiento del rumiante, incluyendo la producción de lana, pero no alcanzan a cubrir las necesidades de las dos últimas semanas de la gestación y lactación, en este caso es necesario la suplementación con proteína no degradable en el rumen, que sea de sobrepaso; esto se logra incrementando el uso de alimentos proteicos de la misma degradabilidad que la proteína microbiana (González, 2009).

Es necesario suministrar proteína que sea utilizada directamente en el abomaso o intestino delgado y así complementar el perfil de aminoácidos provenientes de la digestión de los microorganismos ruminales (Arechiga, 2002).

La proteína que pasa hacia el abomaso consiste de dos fracciones: la que resiste al ataque microbiano en el rumen, y la proteína que evade el ataque en el rumen y pasa hacia el omaso sin degradarse (Villalobos et al., 2000).

La competencia entre pasaje y digestión ruminal para el sustrato potencialmente digestible define la proporción de alimento fermentado que pasa al omaso o abomaso (León, 2015).

El tratamiento con formaldehído a fuentes proteicas de origen vegetal, provoca reducciones significativas de la degradabilidad de la proteína, incrementándose la proteína sobrepasante, sin afectar la digestibilidad de la proteína en estómago e intestino del rumiante, ya que la reacción del formaldehído es pH dependiente e inestable a pH bajo (Fernández, 2014).

La proteína microbiana, representada por los cuerpos celulares de los microorganismos, junto con las proteínas de la ración que no fueron modificadas por los microorganismos a través del omaso y abomaso, se dirigen hacia el intestino donde son digeridas por acción de varias enzimas (López, 2018).

La proteína protegida corresponden a los alimentos proteicos que han sido tratados o procesados con la finalidad de disminuir la degradabilidad ruminal de la proteína y aumentar su contenido en proteína no degradable en el rumen (Díaz, 2016).

En el rumen, cierta cantidad de proteína del alimento, puede escapar a la digestión ruminal y pasar al intestino sin modificarse; a ésta se le denomina proteína no degradable (López, 2018).

La proteína no degradable en el rumen, que es la porción del consumo total de proteína que no es degradable y pasa intacta al intestino delgado; también se le llama proteína de sobrepaso (by-pass). Las proteínas tienen dos funciones generales: suministrar los aminoácidos necesarios para la síntesis metabólica de las diferentes funciones estructurales y productivas de la vaca, y ser la fuente de energía al inicio de la lactación en la gluconeogénesis (Mori, 2016).

Por esto es importante que los subproductos tengan una alta fracción de proteína de escape, de modo que se promueva un incremento de crecimiento con el mínimo de proteína requerida para llenar las necesidades nutritivas sin que se den excesos que puedan incurrir en desperdicios que causen pérdidas económicas (Avalos, 1983).

En la mayoría de los casos, la proteína de soya se encuentra mezclada con otros componentes biológicamente activos que están presentes en la semilla como son los inhibidores de tripsina, los fenoles, los fitatos, entre otros. El tratamiento térmico mejora la

digestibilidad al inactivar estos inhibidores, pero también desnatura las proteínas dietéticas (De Luna, 2006).

Para disminuir la fermentación ruminal de concentrados proteicos, la mayoría de estos métodos se basan en la aplicación de calor, agentes químicos o una combinación de ambos que alteran las características de las proteínas e incrementan su resistencia a las enzimas proteolíticas (Díaz, 2016).

Se ha señalado que es posible que los forrajes de leguminosas ricas en taninos son mejores fuentes de proteína sobrepasante que aquellos con contenidos bajos (Guerrero, 2011).

El calor provoca la desnaturación de las proteínas, consiste en la alteración de su estructura tridimensional, sin rupturas de enlaces peptídicos. Ello conlleva una reducción de su solubilidad y accesibilidad con la consiguiente reducción de su degradación en el rumen. En esta reducción interviene la formación de enlaces entre los grupos aldehídos de los azúcares y los grupos amino libres de proteína. Así si el calentamiento es excesivo se producen reacciones de Maillard o de amarronamiento no enzimático que implican la degradación de los azúcares a compuestos fenólicos, la condensación de estos con los aminoácidos y su posterior polimerización da como resultado compuestos no digeribles (Díaz, 2016).

Dependiendo de los ingredientes utilizados, en la dieta entre un 20 y un 60% de la proteína de la ración no es degradada en el rumen, y por ello el requerimiento proteico del animal es normalmente suplido con una mezcla de proteína microbiana y de escape del rumen (Avalos, 1983).

El desafío es identificar las condiciones de tratamiento que incrementen la proteína no degradable digerible, a un grado que justifique el costo del tratamiento y con una mínima pérdida en la disponibilidad de aminoácidos. Las condiciones de tiempo, humedad y temperatura que proporcionaran una opción óptima resultan variables en función del suplemento a proteger, sin embargo, el efecto de tratamientos moderados con calor en la degradación de la proteína no ha sido consistente. Así, la soja a una temperatura a 140 o más grados celsius, se redujo la liberación de amoníaco, mientras que a 120 grados celsius no produjo efectos (Díaz, 2016).

El objetivo principal con el tratamiento de las proteínas con agentes químicos es crear una modificación reversible en esta dependiente del pH, que permita inhibir su degradación

en rumen- reticulo (donde el pH es cercano a la neutralidad o moderadamente ácido), pero no en el abomaso y el duodeno proximal donde el pH es mucho mas bajo (Diaz, 2016).

La combinación con tratamiento térmico junto con el uso de ácidos podría permitir alcanzar niveles mas altos de protección usando cada método por separado, y presentar bajas economicas y la posibilidad de generar reacciones asociadas con la sobreproteccion de las proteínas (Fernández, 2014).

2.4.1. Utilización de proteína protegida en bovino de leche

La suplementación de proteína de sobrepaso ofrece la oportunidad de mejorar el comportamiento en ciertas situaciones de producción (Diaz, 2017).

La etapa de producción es también importante de considerar al evaluar las fuentes de proteína, ya que en caso de haber sido llenados los requerimientos de aminoácidos del animal, una respuesta al "bypass" podría no ser esperada. Por tanto, sólo animales con altos requerimientos de proteína deben ser considerados para pruebas de evaluación de proteína sobrepasante, como animales en crecimiento temprano o en lactación (Avalos, 1983).

Una forma de mejorar el aporte de aminoácidos es protegiendo las proteínas de buena calidad como las de la pasta de soya contra la desaminación ruminal para que sus aminoácidos lleguen al intestino delgado y sean absorbidos aumentando así la eficiencia proteica, es decir aumentando en el alimento la proteína de by-pass (UIP) digestible o la llamada proteína digestible en el intestino de origen alimenticio (PDIA) (López, 2018).

El incremento de la temperatura que experimentan algunos granos, se desnaturalizan las proteínas rompiendo los puentes de hidrogeno y enlaces de sulfuro responsables de su estructura secundaria; la inclusión de fuentes proteicas tratadas con formaldehido, en dietas de vacas lecheras de alta producción provoca incrementos significativos en la producción de leche, sin afectar el contenido de proteína y grasa de la leche (Fernández, 2014).

Los alimentos proteicos de baja degradabilidad en el rumen son necesarios en la alimentación de los ovinos de altos requerimientos de proteína, como en el caso de la primera mitad de la lactancia, segunda mitad de la lactancia con más de una cría, en el último tercio de la gestación y, otra vez y con mayor razón si es múltiple y en los corderos de rápido crecimiento (González, 2009).

Los requerimientos de proteína en vacas lecheras, son cubiertos sólo en un 20-30% por proteína alimentaria (no degradada en el rumen). El resto, es degradada por la flora

ruminal y utilizada desde la forma de amoníaco, para síntesis de proteína microbiana disponible para el animal (López, 2018).

Está reconocido que la proteína es uno de los nutrientes más importantes y es necesario para mantenimiento, crecimiento, y reproducción. Al utilizar proteína protegida (sobrepaso), aunque este tipo de proteína sea de un alto costo, promueve el mejoramiento productivo (Díaz, 2017).

Experimentos realizados sobre crecimiento en animales alimentados con fuentes de proteína procesada, tales como alfalfa deshidratada, granos secos de destilería, harina de glúten de maíz, harina de sangre y harina de carne en dietas de energía media han demostrado una tendencia hacia el incremento de ganancias (Avalos, 1983).

Numerosos trabajos de nutrición animal utilizan a la harina de soja como suplemento proteico. Esto se debe al alto valor biológico de la proteína y por tener uno de los perfiles de aminoácidos más completo, en especial, en cuanto al contenido de metionina y treonina (46 gr. y 86 gr/kg de aunque en lisina (80 gr/kg) es deficitario (Fernández, 2014).

Actualmente la formulación de raciones balanceadas con los principales nutrientes, es un mito y una dificultad para los productores, debido a la diversidad de esquemas de alimentación, donde dependen del uso de concentrados comerciales o de fórmulas importadas de otras localidades (Rodríguez et al., 2013).

La proteína no degradable en el rumen debe ser digerida en el intestino delgado para que sea de beneficio para el animal (Galindo et al., 2017).

En caso de una alta producción del animal (crecimiento, producción lechera), la síntesis de proteína microbiana en el rumen puede no ser suficiente para llenar los requerimientos de proteína del animal (Avalos, 1983).

Debido a la necesidad de evitar la degradación de los aminoácidos a nivel ruminal de manera que impacten a nivel intestinal, se han desarrollado diversas tecnologías que protejan la proteína y sus aminoácidos por tratamiento de calor. Este proceso consiste en aplicar un moderado nivel de calor promoviendo la reacción de Maillard, donde los azúcares presentes crean un enlace que los microorganismos del rumen no pueden romper (Vargas et al., 2015).

Para que un alimento sea utilizado con la máxima eficiencia, el animal debe recibir cantidades correctas de proteínas que contengan un equilibrio adecuado de aminoácidos esenciales y

no esenciales, y en cantidades suficientes para hacer frente a las necesidades metabólicas. (Romero, 2016).

En el caso que la proteína del alimento no sea soluble, o bien que sea solo parcialmente degradada en el rumen y posteriormente digerida en el intestino, entonces es posible proveer al animal con los aminoácidos requeridos. Sugeriendo que el grado en que las proteínas son degradadas en el rumen, depende más de las propiedades mismas de las proteínas que de la población microbiana del rumen (Avalos, 1983).

Incrementa la cantidad de proteína no degradable en rumen, mientras mantiene la digestibilidad intestinal y la calidad de sus aminoácidos. Además de la ración balanceada, es palatable, y con ingredientes de alta calidad que ayudan a asegurar un mejor rendimiento en la obtención de leche para los productores lecheros (Liñan, 2015).

Desde el año 1981, se han realizado aproximaciones de los requerimientos utilizando un modelo factorial, a partir de los requerimientos netos de proteína para mantenimiento, crecimiento, preñez y lactancia. De esta forma, para obtener un máximo contenido y rendimiento de la proteína en la leche, se ha establecido que la Lisina debe contribuir alrededor de un 7,0 % del total de proteína metabolizable, mientras que la Metionina un 2,5%. De ahí la importancia de identificar la composición de aminoácidos en los alimentos utilizados en ganado lechero y suplir las deficiencias haciendo uso de proteína protegida (Vargas et al., 2015).

Un exceso de proteína en el alimento, por encima de las necesidades del animal, puede resultar en una disminución en el consumo de materia seca (Avalos, 1983).

2.5. Materia prima para elaboración de alimento balanceado

La utilización de concentrados proteicos en las dietas actuales de los establecimientos lecheros generan los principales egresos de cada establecimiento, de esta manera acompañado por la actual coyuntura económica de la lechería surgen subproductos de menor difusión a los que se utilizarían normalmente (Diaz, 2017).

El uso de concentrados en la nutrición de rumiantes representa un factor clave de la eficiencia alimenticia y por lo tanto en la eficiencia económica siempre y cuando se considere su valor nutritivo que muchas veces se enfoca sobre la digestibilidad de los nutrientes (Guerrero, 2011).

El uso de la soya (*Glycine max*) en la alimentación animal abrió un amplio panorama a la industria de concentrados, al permitir la formulación de dietas con una excelente concentración y disponibilidad de energía, aminoácidos y ácidos grasos esenciales. (López, 2018).

Principal fuente de proteína para la industria de la alimentación animal, la producción de soja ha crecido de forma tal, que la demanda total ha sido atendida satisfactoriamente (Melgar et al., 2011).

La importancia de maximizar la síntesis de proteína microbiana y la digestión de la materia orgánica en el rumen es enfatizada en relación al total de aminoácidos que pasan al intestino delgado. Por otra parte, si la proteína que llega al duodeno es insuficiente para llenar los requerimientos de proteína de los rumiantes, un suplemento de proteína de alta cantidad de N digestible de escape puede mejorar el desarrollo de los animales (Avalos, 1983).

Los principales factores que se consideran importantes para la valoración nutricional de los alimentos utilizados en la alimentación se basan en cuatro factores principales

- Composición química (concentración de nutrientes)
- Consumo de alimento por dicho animal.
- La digestibilidad de los nutrientes y los productos finales de su digestión (Guerrero, 2011).

El tratamiento térmico es el procedimiento más empleado, el proceso remueve, tanto los residuos de hexano como los inhibidores de tripsina y desnaturaliza la proteína de la soya. La pasta resultante, que generalmente sirve como alimento para animales, tiene un gran valor nutricional debido a la mejora en la digestibilidad de la proteína (De Luna, 2006).

Recientes estudios sugieren que la solubilidad y la degradabilidad de las fuentes de proteína en el alimento son muy importantes para determinar el desarrollo productivo esperado de los rumiantes. Una proteína estará mejor adaptada para satisfacer las necesidades de una especie dada cuando su composición de aminoácidos digestibles esté en proporción a las necesidades del animal en cuestión (Avalos, 1983).

La condición corporal, es una herramienta básica y económica para determinar el estado nutricional de los animales, su determinación es sencilla y permite estimar las reservas de energía corporal (De Luna, 2006).

Las necesidades nutricionales de los animales proceden de dos tipos de procesos fundamentales dependiendo del mantenimiento de las funciones vitales y la síntesis de producciones ya que puede ser para carne, leche, gestación, etc (Romero, 2016).

Se recomienda además hacer una evaluación de la proteína sobrepasante contenida en cada una de las raciones antes de iniciar el experimento, para asegurar que los niveles proporcionados sean los adecuados. De éste modo las diferencias entre los tratamientos pueden ser claramente contrastantes unas con otras.

En consecuencia, para llenar los requerimientos de este tipo de ganado, parte de la proteína de los alimentos debe sobrepasar la fermentación del rumen (Avalos, 1983).

Existen diferencias importantes en la dinámica de la digestión cuando se evalúan distintos alimentos como el ensilaje de grano húmedo, ensilaje de maíz o sorgo de planta entera, ensilajes de otras gramíneas y leguminosas o henos; con el objetivo de lograr un balance de nutrientes adecuado en el sistema ruminal (Vargas et al., 2015).

2.5.1. Fuente de proteína vegetal

En la alimentación de rumiantes, las fuentes nitrogenadas o proteínas pueden tener varios orígenes, uno de ellos es el proveniente de los alimentos, los cuales podríamos dividirlos en dos grupos: proteína verdadera, son aquellos compuestos nitrogenados que son mayoritariamente de origen aminoacídico, y estos pueden ser de origen vegetal (soya, canola, semilla de girasol, semilla de algodón, heno de alfalfa, pasto) o animal (harina de pescado, harina de ave), y por otro lado los que conocemos como nitrógeno no proteico o amoniacal (la urea, el sulfato de amonio, etc.), que en estricto sentido no son proteínas sino que potencialmente se pueden transformar en ellas (proteína microbiana) por los microorganismos que viven en la panza (González, 2009).

La nutrición de rumiantes comprende la nutrición de dos ecosistemas secuenciales. El primer ecosistema es el microbiano-ruminal, cuyas demandas y propiedades nutricionales son para sí mismo y sus productos finales constituye la fuente primaria de nutrimentos para el segundo ecosistema, el de los tejidos del rumiante (Mejía et al., 2007).

La proteína de soya contiene todos los aminoácidos esenciales requeridos en la nutrición humana: isoleucina, leucina, lisina, metionina, cisteína, fenilalanina, tirosina, treonina, triptófano, valina e histidina. Sin embargo, su contenido de metionina y triptófano es bajo pero se complementa al combinarse con concentrados generando una proteína tan completa como la de origen animal (De Luna, 2006).

Su principal importancia deriva de su contribución de harinas proteicas a la alimentación animal. Se a vuelto cada vez más dependiente de fuentes proteicas de origen vegetal

derivada de la disminución de los stocks de harinas de pescado. Además, a habido una fuerte presión internacional, particularmente para prohibir el uso de harinas de carne, de huesos y residuos frigoríficos como materia prima de alimentación animal, debido a la relación entre el uso de éstas con la enfermedad espongiforme bovina (Melgar et al., 2011).

La evaluación de fuentes de proteína lentamente degradables en el rumen es importante para asegurar un suministro adecuado de proteína en animales con altos rendimientos (crecimiento, producción de leche). Por otra parte, para llenar las necesidades proteicas de los microorganismos del rumen se puede incluir en la ración fuentes de proteína rápidamente degradables en el rumen, como son la urea, soya, cama de pollo, etc (Avalos, 1993).

El procesamiento del grano juega un papel importante en la mejora o modificación de las propiedades funcionales de su proteína y por lo tanto, puede ayudar a ampliar su aplicación prácticamente en todos los sistemas alimentarios (De Luna, 2006).

Los alimentos ricos en proteína verdadera (más de 20%, base seca) pueden ser de origen vegetal como las harinas extraídas de las semillas oleaginosas (soya, cártamo, girasol, canola, ajonjolí, cacahuate), forrajes de leguminosas (González, 2009).

Los requerimientos proteicos en rumiantes es complicado debido a las particularidades del metabolismo del nitrógeno propias de la especie. Esto implica que la proteína proporcionada al intestino difiere de la composición de la proteína proporcionada en la dieta (Avalos, 1993).

La soya comprende a una de las clasificaciones por su semilla proteica, su alto contenido proteína vegetal de alta calidad. Los concentrados proteicos con contenido de un 66% hasta un 70% de proteína según el método de extracción, por último los aislados hasta con un 93% de proteínas y libres de grasas. Los productos modernos con proteína de soya incluyen la harina de concentrados aislados y texturizados de soya (Sánchez, 2008).

Cabe destacar que, aunque se necesite el tratamiento térmico en la soya y sus productos antes de ser empleados en alimentos para consumo humano y animal, debe evitarse su aplicación excesiva, debido a que además de desactivar los inhibidores de tripsina también reduce la solubilidad de la proteína y promueve pérdidas de los aminoácidos limitantes. Es esencial optimizar las condiciones para aumentar la inactivación de los inhibidores de tripsina y al mismo tiempo, minimizar la reducción de la solubilidad de la proteína y la pérdida de aminoácidos. Para lograrlo, es indispensable seleccionar la combinación óptima de temperatura, humedad y tiempo (De Luna, 2006).

El grano de soya está constituido principalmente por cascarilla con un 8% del peso total de la semilla, el hipocotilio con un 2% y el cotiledón con un 90% del peso. En el cotiledón se encuentra dos pequeños compartimentos donde se encuentra el aceite y los cuerpos proteicos de interés.

La particularidad de la soya es que en base seca contiene 40% de proteína y 20% de grasa; lo cual a sido una de los principales fuentes de proteína en los rumiantes (Sánchez, 2008).

2.5.2. Soya

La soya (*Glycine max*) es el principal proveedor mundial de proteína, contiene aproximadamente 38% de proteína, 30% de carbohidratos, 18% de aceite, y 14% de humedad, cenizas y la cascara (López, 2015).

Es una legumbre que supera en proteínas y aminoácidos al resto de alimentos de su misma clase, al consumo de soya le a sido asociado el suministro de propiedades alimentarias en vacas lecheras (Proaño, 2015).

La semilla de soya consta de tres partes principales, la llamada cobertura de la semilla, también conocida como testa o cáscara (8%), los cotiledones (90%) y el germen o hipocotílico (2%) (Toledo, 2016).

La escasez de forraje de alta calidad obliga a los productores a suplementar a sus animales, en particular a las vacas lecheras, con alimento concentrado importado, para suplir la proteína y energía necesaria (Aponte et al., 2015).

La composición química de la soya cambia dependiendo de la calidad del grano, de las condiciones de crecimiento, así como el estado en la que se encuentra (Aguilar, 2016).

La soya es un grano simultáneamente rico en prótidos y en lípidos. Su principal destino industrial es la extracción para aceite de consumo humano; el orujo restante contiene un 50% de prótidos y se emplea para la alimentación animal (Proaño, 2015).

Es una leguminosa, planta herbácea anual, de primavera-verano, cuyo ciclo vegetativo oscila de tres a siete meses y de 40 a 100cm de envergadura. Las hojas, tallos y vainas son pubescentes. La semilla generalmente es esférica, del tamaño de un guisante y de color amarillo. Su tamaño es mediano (100 semillas pesan entre 5 a 40 gramos, aunque en las variedades comerciales oscila entre 10 a 20 gramos). Es rica en proteínas y aceites. En algunas variedades mejoradas presenta alrededor del 40-42% de proteína y 20 a 22% en

aceites, respecto a su peso seco. En la proteína de soya hay un balance de aminoácidos esenciales, destacando leucina y lisina (Jiménez, 2008).

2.5.2.1. Aspectos generales

Los vegetales también aportan proteínas pero son deficientes en uno o varios aminoácidos y por ello se denominan proteínas incompletas, pero bien combinadas pueden dar lugar a otras de valor comparable a las proteínas de origen animal (Jiménez, 2008).

Su alto contenido de grasas (18 a 20%) y proteínas (37 a 38%), soya se presenta como una valiosa materia prima para su utilización en la industria destacándose la extracción de aceites y la formulación de alimentos balanceados para animales.

Un kilo de harina de soya provee suficiente proteína para producir de 4 a 5 litros de leche; la exigencia de los consumidores por carnes de animales alimentados con dietas exentas de proteínas de origen animal, valorizó la harina de soya como fuente de proteína (Melgar et al., 2011).

La soya se ha considerado la principal fuente de proteína vegetal para consumo humano y animal, esto se debe a que en el grano integral la proteína representa alrededor del 40% de la materia seca. De igual manera que el resto de las proteínas, la de soya aporta energía, aminoácidos esenciales y nitrógeno. Cuando se le aplica un procesamiento adecuado, es de excelente calidad y nutritiva (De Luna, 2006).

Estudios realizados con el valor de la harina de sangre y harina de pescado en suplementación de N, evaluando por medio de una regresión los aminoácidos escapando la degradación ruminal y desapareciendo del intestino delgado. La harina de soya tiene la más baja proporción de N que escapa la degradación ruminal que la harina de sangre (92%) tuvieron el mayor escape a la degradación bacteriana en el rumen (Avalos, 1993).

Estudios previos en ganado bovino se observó que la harina de soya adicionada a la dieta de maíz no incrementó el flujo abomasal de la proteína sobrepasante de la dieta (Avalos, 1993).

La soya es un cultivo único entre todos, ya que su principal contribución a la satisfacción de alimentos, a escala global, proviene de su aporte de aceite y de proteína, que componen groseramente el 22% (21.5-23.0%) y el 38% (36.5- 40.0%) del peso del grano (Melgar et al., 2011).

Otra forma de la utilización de la soya como fuente de proteína en la alimentación de animales es la extrusión que consiste en mezclar harina de soya, concentrados o proteínas aisladas con agua, alimentando un aparato extrusor para cocción, con calentamiento bajo presión lo que permite su extracción (López, 2018).

Distintos tipos de concentrados son utilizados en la suplementación de terneros destetados precozmente, básicamente formulaciones comerciales, variando en el tenor energético y proteínico de manera de satisfacer las necesidades de los terneros. Los granos son los concentrados energéticos más utilizados en la suplementación animal. Para el manejo de los mismos, debemos considerar su composición química y concentración de energía metabolizable (Abreu et al, 2017).

La harina de soya proviene de la extracción del aceite en forma industrial por distintos métodos. El cual contiene alrededor de 5 a 6%; siendo como suplemento proteico, es el más difundido producción bovina lechero. Esto se debe al alto valor biológico de la proteína y por tener uno de los perfiles de aminoácidos más completo, en especial, en cuanto al contenido de metionina y treonina (46 gr. y 86 gr. /kg de proteína, respectivamente), aunque en lisina (80 gr. /kg) es deficitario, como la mayoría de los suplementos proteicos de origen vegetal (Díaz, 2017).

2.5.2.2. Valor nutritivo

El papel de la proteína de soya en diferentes sistemas alimentarios y su uso como un ingrediente funcional, depende, principalmente, de sus propiedades fisicoquímicas, que están gobernadas por sus atributos estructurales y de conformación (De Luna, 2006).

El valor nutritivo es función del consumo de nutrientes y de la eficiencia de conversión de estos en producto animal. A su vez, el consumo de nutrientes es el producto de la cantidad de forraje consumido y la concentración de nutrientes en ese forraje. La eficiencia de conversión de los mismos en producto animal comprende las eficiencias en los procesos digestivos y metabólicos (Abreu et al., 2017).

La semilla de soya se compone de proteínas, lípidos, hidratos de carbono y minerales; siendo las proteínas y los lípidos las partes principales, constituyendo aproximadamente un 60 % de la semilla. Las proteínas tienen un alto contenido del aminoácido Lisina comparado con otros cereales (López, 2018).

El calentamiento es la causa principal de la reducción de la solubilidad de la proteína, pero es un paso importante para disminuir el contenido de sustancias antinutricionales de los productos de soya y mejorar su valor nutritivo. Es muy importante optimizar el proceso en términos de la cantidad y momento de calor aplicado (De Luna, 2006).

Los valores de la literatura para la harina de soya que escapa a la degradación ruminal tienen un rango entre 15% y 43% (Avalos, 1993).

El valor nutritivo de esta proteína en particular, está en función de varios factores, incluyendo el perfil de aminoácidos, su digestibilidad y el requerimiento de aminoácidos esenciales para el organismo (De Luna, 2006).

Aumentar su valor proteico, se recomienda que se sometan a un proceso de cocción a temperaturas superiores a 60 °C; de esa forma se destruye una sustancia que contiene y que actúa como inhibidor de los enzimas encargados de la digestión de las proteínas (Toledo, 2016).

Componente	Unidad	Grano de soya		Torta de soya
		Crudo	Procesado	
Energía Metabolizable	(Mcal/kg)	3.2	3.5-4.2	3.25
Grasa	%	17.5	17.5	1.5
Proteína	%	37.5	37.5	45.5
Metionina	%	0.52	0.52	0.7
Lisina	%	2.42	2.42	2.9
Triptofano	%	0.54	0.54	0.62
Fibra	%	5.5	5.5	3.4
Calcio	%	0.26	0.26	0.3
Fosforo	%	0.61	0.61	0.64
Índice de proteína	%	2.0-3.0	0.02-0.5	0.02-0.5
Inhibidor tripsina	%	70-80	<0.10	<0.10

Cuadro 2. Composición nutrimental del grano de soya y de la torta de soya, una vez extraído el aceite (López, 2018).

La soya es una fuente rica en proteínas que se emplea en la dieta como ingrediente o como producto principal, ya que aporta un excelente valor nutritivo por sus distintas propiedades funcionales en los sistemas alimentarios, dentro de los que se incluyen la emulsificación, la gelación, la formación de espuma y la capacidad de retención de agua (De Luna, 2006).

La soja de alto nivel de proteína se clasifica de acuerdo al contenido de proteína cruda y si el porcentaje se encuentra por debajo de lo establecido en la categoría más baja, no se considera como soja de alto nivel de proteína (Liñan, 2015).

Posee también una gran cantidad de vitaminas B1, B2 B6 y vitaminas E y K. La soja es pobre en vitamina C y apenas contiene provitamina A (Toledo, 2016).

Durante el procesamiento industrial de la soya, la pasta desgrasada es desolventizada. Este procedimiento asegurará el óptimo valor nutritivo de la pasta para consumo animal a través de la aplicación de calor suficiente para que algunos antinutrientes sean inactivados (De Luna, 2006).

La soya es reconocida por su valor nutricional y por el rol potencial en la prevención de patologías crónicas. Respecto de su valor nutricional se destaca la calidad de la proteína. La calidad de la proteína de soya es similar a la proteína de origen animal, evaluando el perfil de aminoácidos (Jiménez, 2008).

Los procedimientos para la determinación de la proteína no degradable en rumen (RUP) tienen problemas de exactitud, repetibilidad y habilidad para predecir la proteína no degradable en Rumen (Rodríguez et al., 2018).

La soya tiene una composición de macronutrientes que difiere notablemente de otros legumbres dado que la soya tiene un elevado contenido de proteínas, grasas y un nivel relativamente bajo de carbohidratos, siendo en parte por esto poseen un índice glucémico (Jiménez, 2008).

2.5.2.3. Componentes de la soya

La soya contiene un promedio del treinta y tres por ciento de proteínas de muy alto valor biológico. Contiene la mayoría de los aminoácidos esenciales para el organismo. La soya contiene además un alto porcentaje de fosfolípidos como la lecitina (Jiménez, 2008).

Las plantas en general y la soya en particular, están constituidas principalmente por agua, que alcanza hasta el 95% de su peso, dependiendo de la especie, edad y

disponibilidad de agua. Aproximadamente el 90% de la materia seca de la planta está constituida por carbono (C), hidrógeno (H) y oxígeno (O) (Melgar et al., 2011).

La harina de soja es la principal fuente vegetal de proteína utilizada en la composición de las dietas de animales de producción. En comparación con otras harinas de leguminosas, presenta niveles elevados de lisina, treonina y triptófano, siendo los aminoácidos sulfurados totales, metionina y cisteína, los que se encuentran en menor concentración (Melgar et al., 2011).

La producción del concentrado de soja con una funcionalidad mejorada sirve como un buen ejemplo (De Luna, 2006).

La composición mineral de las plantas, alrededor del 5 a 6% de la materia seca, es variable y se acepta como normal dentro de límites denominados: nivel crítico inferior y nivel crítico superior. Estos son: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, boro, cloro, cobre, hierro, manganeso, molibdeno y zinc (Melgar et al., 2011).

Tiene un contenido mucho más alto de proteína que otros granos de leguminosa cuyo promedio está en 20 – 30 %; y particularmente es valiosa debido a que su composición de aminoácidos complementa a la de los cereales (Jimenez, 2008).

Harina de soja:

- ◆ Proteína de alta digestibilidad
- ◆ Alto contenido de lisina, relativamente deficitaria en metionina y triptófano
- ◆ Alimento sin límites de inclusión recomendados (Bauza, 2016).

Diferentes sistemas de alimentos requieren de proteínas de soja con diferentes propiedades funcionales; como ejemplo, la solubilidad de la proteína de soja es muy importante en la producción de leche y tofu para elaborar productos como los concentrados y aislados (De Luna, 2006).

2.5.2.4. Uso de soja como fuente proteico vegetal

La producción bovina de leche, es un complejo proceso en donde los animales pueden transformar diferentes sustancias químicas y físicas de origen vegetal, mineral y animal, en un producto alimenticio de alto valor biológico para el hombre, como es la leche (López, 2018).

La harina de soja es la principal fuente de proteína en la alimentación animal, según la especie animal puede representar entre un 10 a 45% en la dieta (Campabadal, 2010).

La soya es la fuente más abundante y valiosa de proteínas vegetales, ya que además de ser de gran calidad, cuenta con un adecuado contenido de aminoácidos. Sin embargo, la soya contiene varias sustancias biológicamente activas que pueden interferir con la digestibilidad proteica. Es indispensable por ello aplicar un tratamiento térmico durante el procesamiento del grano, lo que permite una mejor utilización de dicha proteína por parte del organismo (De Luna, 2006).

La alimentación es uno de los aspectos que más incide en la productividad; siendo el ganado de leche, cuando no satisfacen los requerimientos nutricionales, especialmente en proteína y energía; por lo que se hace necesario buscar alternativas orientadas a mejorar el régimen alimenticio para lograr competitividad (López, 2018).

La cantidad de proteína de escape ruminal varía entre los ingredientes de origen animal y vegetal. Las fuentes proteicas de origen animal son en general más ricas en este tipo de proteína que las de origen vegetal. Aunque una respuesta positiva a la suplementación con proteína de escape es solo posible cuando es el primer nutriente limitante y cuando las necesidades de proteína degradable en el rumen han sido llenadas (Avalos, 1993).

El uso de las proteínas vegetales es limitado por su ausencia de propiedades adecuadas. Esto es especialmente cierto en el caso de la proteína de soya. Para mejorar la funcionalidad de sus proteínas y ampliar sus aplicaciones, se han empleado varios procedimientos. Actualmente, la mayor parte de la producción de soya es molida para la obtención de aceite comestible, pasta desgrasada para consumo animal (De Luna, 2006).

En la medida en que a los animales se les confina y se requiera formular una dieta especial para ellos, los costos de alimentación pueden llegar hasta el 80%. De aquí es claro que la evaluación, selección y uso de ingredientes sea clave para contar con la posibilidad de reducir los costos de producción. Los subproductos agrícolas e industriales representan una excelente alternativa para reducir costos de alimentación siempre y cuando se utilicen adecuadamente. La mayoría de ellos aportan nutrientes al animal de una manera más económica que los ingredientes tradicionales (granos de sorgo o maíz, harina de soya, pacas de sorgo, alfalfa etc (Rodríguez et al., 2013).

La Ganadería hoy en día se practica bajo sistemas de explotaciones convencionales, extensivas y muy poco eficientes, la actividad ganadera como negocio se hace cada vez menos rentable. En parte debido a la incapacidad de los productores para lograr una mayor carga animal por unidad de superficie y alcanzar una mayor productividad de sus animales,

en cada uno de los predios en particular, sumado a ello el costo de insumos de uso agropecuario que cada vez son más elevadas, por lo cual se hace necesario experimentar la aplicación de nuevas tecnologías (Vargas et al., 2015).

En las leguminosas, entre ellas la soya, se tienen proteínas con baja cantidad de aminoácidos azufrados, siendo la metionina el más limitante. Por otra parte, se ha logrado un progreso importante en el desarrollo de nuevas variedades de soya con mejoras en el perfil de aminoácidos (De Luna, 2006).

Las nuevas formas de alimentación se basan en el uso masivo de alimentos concentrados que se integran a las dietas en las diferentes etapas del ciclo productivo y con diferentes propósitos (Romero, 2016).

Con respecto a los ensayos de la calidad de la proteína de soya, en el pasado se empleaban el score de aminoácidos y la razón de eficiencia de proteína. El score de aminoácidos, se refiere a la cantidad del aminoácido más limitante contenido en la proteína que se analiza, expresado como porcentaje de los requerimientos del organismo en estudio (De Luna, 2006).

Debido a la necesidad de evitar la degradación de los AA a nivel ruminal de manera que impacten a nivel intestinal, se han desarrollado diversas tecnologías que protejan la proteína. La importancia de este trabajo reside en la búsqueda de alternativas de proteína vegetal, del uso de la soya como fuente proteica en las dietas de la explotación de bovino lechero (Bauza, 2016).

Suministro de proteína menos degradable que la harina de soya, como la mayor fuente de nitrógeno de la ración reduce el crecimiento microbiano. Sin embargo, las proteínas no degradables pueden compensar la reducción de proteína microbiana por la suplementación post ruminal de proteína intacta de la dieta. Así la cantidad de aminoácidos potencialmente disponibles para el rumiante puede ser igual o mayor a aquella cantidad de aminoácidos disponibles cuando la proteína del alimento es degradada (Avalos, 1993).

Los productos modernos con proteína de soya incluyen la harina, concentrados, aislados y texturizados (De Luna, 2006).

Es una realidad que la demanda de productos de origen animales es cada vez mayor, lo cual obliga a los productores y técnicos a optimizar los recursos disponibles y mejorar las prácticas de alimentación así como las fuentes nutritivas, de esta manera se tiene como resultado un producto de buena calidad al menor costo posible (Vargas et al., 2015).

Son muchos los aprovechamientos de esta planta, siendo los más importantes la obtención de proteína, aceite, lecitina y forrajes. Se cultiva principalmente para la producción de semillas y la transformación de estas en harina proteica para la elaboración de piensos animales (Jimenez, 2008).

Se puede aumentar la producción de leche cuando se alimenta a las vacas lecheras con raciones suplementarias de proteínas protegidas contra el rumen; cuando se alimentan con raciones que contienen harina de soya como fuente de proteína (www.grains.org).

Esto ha inducido a los productores a utilizar la soya que tienen un particularmente alto contenido de proteínas y, en ese sentido, es uno de los componentes mayormente utilizado y valioso en la alimentación de rumiantes y monogástricos. Por ello se requiere tener alternativas viables y funcionales para obtener proteína de calidad para la alimentación de los animales productivos (López, 2015).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción del área de estudio.

El presente trabajo se realizó en la comarca lagunera en dos establos diferentes A y B, ubicadas en el municipio de San Pedro de las colonias del estado de Coahuila de Zaragoza, permaneciendo a 1109. Al oeste se ubica la localidad de San Pedro de las colonias, norte a las localidades de la Luchana y la Concordia y al este con la localidad de Francisco I Madero. El municipio de San Pedro de las colonias está localizado en la que se conoce como La Región Lagunera. La Región se encuentra situada en el suroeste del estado de Coahuila y el noreste del estado de Durango, formada por diez municipios de Durango y cinco del estado de Coahuila. Queda comprendida entre los paralelos 24° 05' y 26° 54' de latitud norte y los meridianos 101°40' y 104°45' de longitud oeste de Greenwich. Abarca una superficie 64,785.7 km² (4'637,150 has). El clima que prevalece es muy seco con una precipitación pluvial media anual de 220 ml y evaporación total de 2366.1 mm, la temperatura es semicálida con invierno benigno (PIFSV, 1994).

3.2. Proceso de elaboración de la pasta de soya procesado

Dados los altos requerimientos de proteína metabolizable (PM) de esta categoría, el componente proteínico de la dieta es fundamental. La proteína utilizada en este tipo de dietas es generalmente de origen vegetal, de alta calidad, donde se encuentran productos como la harina de soya.

Los análisis químicos proximales de los ingredientes se muestran en la **CUADRO 3**; Las raciones en la **CUADRO 6** y la composición en la **CUADRO 7**.

	ENSILAJE DE ALFALFA	HENO DE ALFALFA	ENSILAJE DE MAIZ
MATERIA SECA %	45	89	32.5
PROTEINA CRUDA %	24.3	22	8.8
FIBRA ACIDO DETERGENTE %	29.7	29	25.5
FIBRA NEUTRO DETERGENTE %	32.6	34	42.4
CARB.NO FIBROSOS %	29	26.8	37.1
ALMIDON %	-----	-----	26.2
CENIZAS %	11.2	12.5	9.5
UIP %	5.2	9.5	1.5
PDIA %	3.7	6.2	2
PDIN %	13.8	14.1	5.6
PDIE %	7.9	10.6	6.7
E.N.L. Mcal	1.47	1.58	1.5
UFL	.85	.93	.88

CUADRO 3. Análisis nutricional de los tres principales forrajes de la dieta

UIP=Proteína no digerible ingerida **PDIA**=Proteína digerible a nivel intestinal procedente de alimentos
PDIN= Proteína digerible a nivel intestinal procedente de nitrógeno **PDIE**= Proteína digerible a nivel intestinal procedente de la energía **ENL**= Energía neta leche **UFL**=Unidades forrajera leche.

3.3. Análisis de muestras

Se analizaron los ingredientes utilizados, principalmente de forraje, por medio del análisis químico proximal (AQP) y la fibra por el método de Van Soest.

3.4. Análisis estadístico

Los datos de producción de leche se analizaron por medio de contrastes ortogonales, considerando dos tratamientos, número de lactancia y días en lactancia, utilizando el programa estadístico de SAS.

3.5. Prueba de alimentación

Se utilizaron los registros de producción de leche de 10,000 vacas en lactancia, separando las de primera, segunda y tercera lactancia; utilizando 1151 registros para la primer lactancia y 1164 la 2ª y 3ª o más lactancias.

Durante los primeros cuatro meses se proporciono la soya procesada y durante los siguientes cuatro meses se proporciono la pasta de soya sin procesar mediante calor a una temperatura mayor a los 60° Celsius. Ambas incluidas en la ración que se proporcionara a las vacas en lactancia. Durante los ocho meses que se proporciono la pasta de soya se registrarón la producción diaria de leche de cada una de las vacas.

Los registros de producción de leche se lotificaron por días en lactancia para comparar las diferentes etapas de la curva de lactancia. Las exigencias nutricionales varían en función del proceso productivo en cuestión. Las concentraciones mínimas de nutrientes en la dieta aumentan en la medida que nos movemos de la cría al engorde y de este a la producción de leche.

En los **CUADROS 4 y 5** se muestran los días en lactancia y el número de vacas que fueron organizadas por bloques de los establos A y B respectivamente por días en leche y numero de lactación.

DEL	1A. LACTACION		2A. LACTACION		3A o+ LACTACIONES	
	NO. Vaca	Prom. DEL	NO. Vacas	Prom. DEL	NO. Vacas	Prom. DEL
0-15	43	8.1	47	7.9	6	6.3
15-30	44	21.5	42	22.9	8	22.8
31-45	44	38.4	44	37.3	7	38.7
46-60	43	52.7	46	52.3	28	52.5
61-75	43	68.3	41	66.3	27	67.9
76-90	47	83.1	40	82.8	21	83.8
91-105	39	98.1	43	97	27	97.6
106-120	42	112.6	39	113.3	20	112.4
121-135	43	128.3	40	128.8	21	128.1
136-150	49	142.1	45	144.3	23	144.2
151-165	39	157.2	39	158.6	27	158.4
166-180	46	172.8	39	172.9	26	171.8
181-195	35	188.5	32	187.3	22	187.6
196-210	37	202.1	22	203.7	14	202.4
211-225	39	216	17	218.5	15	218.9
226-240	33	234.4	23	233.3	12	234.5
241-255	31	247.4	12	247.8	5	246.2
256-270	23	263.4	11	263.2	14	259.2
271-285	20	277	7	276.1	11	277.9

CUADRO 4. Producción de leche, días en lactancia (DEL) y número de lactación de las vacas del establo A.

DEL	1A. LACTACION		2A. LACTACION		3A o+ LACTACIONES	
	NO. Vaca	Prom. DEL	NO. Vacas	Prom. DEL	NO. Vacas	Prom. DEL
0-15	45	8.5	47	8.2	2	12
15-30	45	22.8	48	22.8	3	22.7
31-45	42	37.5	49	37.6	3	36
46-60	46	54.2	41	53.1	9	53.7
61-75	45	67.7	38	68.4	5	65.2
76-90	48	82.4	35	82.7	3	85
91-105	45	97.6	39	97.6	6	96.7
106-120	45	112.5	35	113.2	12	113.5
121-135	45	127.9	28	128	7	129.1
136-150	47	142.2	23	142.9	4	144
151-165	46	156.7	17	157.4	4	156.5
166-180	40	172.8	14	172.1	3	170
181-195	38	187.7	10	186.3	2	185.5
196-210	29	202.6	5	206.4	2	201.5
211-225	20	217.1	9	217.4	2	222
226-240	16	233.9	6	233.7	0	0
241-255	14	246.9	5	244.2	2	244.5
256-270	22	263.8	3	265.7	0	0
271-285	30	277	2	275	1	275

CUADRO 5. Producción de leche, días en lactancia (DEL) y número de lactación de las vacas del establo B.

3.6. Tratamientos

ALIMENTO	A		B	
	Kg.B.	Kg.M.S.	KG.B	KG.M.S.
ENSIL.MAIZ	19.7	6.1	19.7	6.1
MAIZ ROLADO	9.0	7.9	9.0	7.9
ALFALFA ENSIL.	4.3	1.9	4.3	1.9
ALFALFA HENO	1.97	1.8	1.97	1.8
SEMILLA DE ALG	3.0	3.8	3.0	2.8
PASTA DE SOYA	2.7	2.4	3.7	3.4
MELAZA	.6	.46	.6	.46
SOYA PROC.	1.2	1.1	-----	-----
CASCAR. SOYA	.37	.33	.37	.33
MEGALAC	.12	.12	.123	.122
UREA	.123	.122	.123	.122
C.M.V.	-92	.86	.92	.86
TOTAL	44.2	26.0	33.2	26.0

CUADRO 6. Composición de las dietas, con pasta de soya procesada y sin procesar

COMPOSICION % DE BASE SECA		
NUTRIENTE	A	B
PROTEINA	21	21
UIP	7.6	6.8
DIP	12.3	13.0
PDIA	6.75	5.8
PDIN	13	12.5
PDIE	10.8	9.9
ENL	1.72	1.72
UFL	1.05	1.05
ADF	16.3	16.3
NDF	24.5	24.5
CNF	43.3	43.3
ALM	28.8	28.8
PDIE/UFL	10.3	9.4
LISINA	6.5	6.5
METIONINA	1.7	1.8

CUADRO 7. Composición nutricional de los tratamientos, con soya procesada (A) y sin procesar (B).
UIP=Proteína no digestible ingerida **DIP**=Proteína digestible ingerida **PDIA**=Proteína digestible a nivel intestinal procedente de los alimentos **PDIN**=Proteína digestible a nivel intestinal procedente de nitrógeno **PDIE**=Proteína digestible a nivel intestinal procedente de la energía **ENL**=Energía neta leche **UFL**= Unidad forrajera leche **ADF**= Fibra ácido detergente **NDF**=Fibra neutro detergente **CNF**=Carbohidratos no fibrosos **ALM**= Almidón

3.7. Alimentación

En la ración alimenticia del establo I se reemplazó 1.2 Kg. de soya procesada por pasta de soya en diciembre 22 de 2015. Esta misma sustitución se aplicó en el establo II en noviembre 12 de 2015.

Se recabaron las producciones individuales de las vacas de primera, segunda y tres o más lactaciones desde el 8 de septiembre y se compararon las producciones de leche obtenidas cuando se ofreció la soya procesada y sin soya procesada en vacas con los mismos días en leche y por mes organizadas por bloques para eliminar el efecto de los días en leche sobre la producción en las comparaciones.

Se registró la producción diaria, se bloqueó el tratamiento por días en leche y mensualmente se analizaron los forrajes por NIRS y algunos valores fueron calculados por PREVALIM (INRA).

3.8. Variables determinadas en el experimento.

Las raciones en TMR se ofrecieron a libre acceso. No se registró el consumo de materia seca, aunque este es función de la producción de leche y peso vivo principalmente (NRC).

Se lotifico por días de lactancia, fueron de 104 días de lactancia a 208 días, con y sin Soya procesada. Se utilizó un diseño de bloques al azar. Para el análisis de las medias se utilizó la prueba de Tukey, haciendo uso del paquete estadístico SAS (López, 2018).

En la ración alimenticia del establo (A) se reemplazó 1.2 de soya por pasta de soya sin procesar en diciembre 22 de 2015. Esta misma sustitución se aplicó en el establo (B) en noviembre 12 de 2015.

Se recabaron las producciones individuales de las vacas de primera, segunda y tres o más lactaciones desde el 8 de septiembre y se compararon las producciones de leche obtenidas con soya procesada y sin procesar en vacas con los mismos días en leche y por mes organizadas por bloques para eliminar el efecto de los días en leche sobre la producción.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos se representan en Kg/día de leche, en los cuadros 8 al 13

Primera lactación			
Tratamiento	Diferencias	Medias	N
CON SOYA PROCESADA	A	32.2	120
SIN SOYA PROCESADA	B	31.4	1044
De 11 noviembre al 22 diciembre del 2015	A	32.8	72
De 7 octubre al 10 noviembre del 2015	AB	32.6	60
Del 23 diciembre del 2015 al 23 enero del 2016	BC	32.1	384
Del 8 de septiembre al 6 octubre del 2015	C	31.7	60
Del 24 enero al 23 febrero del 2016	D	30.9	372
Del 24 de febrero al 12 marzo 2016	D	30.4	216

Cuadro 8. Resultados de producción de leche en la primera lactancia, durante los meses que duro el estudio en el establo A

Segunda lactación			
Tratamiento	Diferencias	Medias	N
CON SOYA PROCESADA	A	42.0317	120
SIN SOYA PROCESADA	B	34.8083	1043
Del 8 de septiembre al 6 octubre del 2015	A	42.3983	60
De 7 octubre al 10 noviembre del 2015	A	41.665	60
De 11 noviembre al 22 diciembre del 2015	B	39.2472	72
Del 23 diciembre del 2015 al 23 enero del 2016	C	36.847	383
Del 24 enero al 23 febrero del 2016	D	33.9817	372
Del 24 de febrero al 12 marzo 2106	E	31.1375	216

Cuadro 9. Resultados de producción de leche en la segunda lactancia, durante los meses que duro el estudio en el establo A

Tercera lactación			
Tratamiento	Diferencias	Medias	N
CON SOYA PROCESADA	A	42.6975	120
SIN SOYA PROCESADA	B	35.2414	1044
Del 8 de septiembre al 6 octubre del 2015	A	43.0683	60
De 7 octubre al 10 noviembre del 2015	A	42.3267	60
De 11 noviembre al 22 diciembre del 2015	B	39.4889	72
Del 23 diciembre del 2015 al 23 enero del 2016	C	37.6526	384
Del 24 enero al 23 febrero del 2016	D	34.3392	372
Del 24 de febrero al 12 marzo 2106	E	31.0926	216

Cuadro 10. Resultados de producción de leche en la tercera lactancia, durante los meses que duro el estudio en el establo A

En la primera, segunda y tercera lactancia del establo A, se tuvo una mayor producción de leche cuando se suministró la soya procesada a diferencia de las que solo recibieron la soya normal ($P < 0.001$).

Primera lactación			
Tratamiento	Diferencias	Medias	N
CON SOYA PROCESADA	A	32.6	119
SIN SOYA PROCESADA	B	31.9	1032
De 7 octubre al 10 noviembre del 2015	A	33.2	60
De 11 noviembre al 22 diciembre del 2015	A	33.1	60
Del 23 diciembre del 2015 al 23 enero del 2016	A	32.9	384
Del 8 de septiembre al 6 octubre 2105	B	32.0	59
Del 24 enero al 23 febrero del 2016	B	31.4	372
Del 24 de febrero al 12 marzo 2106	C	30.5	216

CUADRO 11. Resultados de producción de leche en la primera lactancia, durante los meses que duro el estudio en el establo B

Segunda lactación			
Tratamiento	Diferencias	Medias	N
CON SOYA PROCESADA	A	42.7	120
SIN SOYA PROCESADA	B	33.7	1044
Del 8 de septiembre al 6 octubre 2105	A	43.2	60
De 7 octubre al 10 noviembre del 2015	A	42.2	60
De 11 noviembre al 22 diciembre del 2015	B	38.7	72
Del 23 diciembre del 2015 al 23 enero del 2016	C	36.4	384
Del 24 enero al 23 febrero del 2016	D	32.4	372
Del 24 de febrero al 12 marzo 2106	E	29.5	216

CUADRO 12. Resultados de producción de leche en la segunda lactancia, durante los meses que duro el estudio en el establo B

Tercera lactación			
Tratamiento	Diferencias	Medias	N
CON SOYA PROCESADA	A	45.6	120
SIN SOYA PROCESADA	B	36.2	1044
Del 8 de septiembre al 6 octubre 2105	A	45.9	60
De 7 octubre al 10 noviembre del 2015	A	45.3	60
De 11 noviembre al 22 diciembre del 2015	B	41.8	72
Del 23 diciembre del 2015 al 23 enero del 2016	C	39.3	384
Del 24 enero al 23 febrero del 2016	D	34.8	372
Del 24 de febrero al 12 marzo 2106	E	31.5	216

Cuadro 13. Resultados de producción de leche en la tercera lactancia, durante los meses que duro el estudio en el establo B

4.1. Producción de leche/vaca/día

Para esta variable se obtuvieron e identificaron cambios significativos por efecto de la inclusión de la proteína de soya procesada en la alimentación de las vacas, así los promedios de producción de leche por vaca y por día presentaron diferencias estadísticas ($P < 0.001$) entre los tratamientos, registrándose una mayor producción de leche en las vacas alimentadas con soya procesada a 60°C con 32.2 y 32.6 kg/día para la primera lactancia en los establos A y B respectivamente a diferencia de 31.4 y 31.9 kg/día para los establos A y B respectivamente que no se les proporciono la soya procesada.

Para la segunda lactancia se tuvo una producción de 42.03 kg/día en el establo A al administrar la soya procesada a diferencia ($P < 0.001$) de 34.81 kg/día cuando se le administro la soya normal. En el establo B se mostro una producción similar, con la administración de la soya procesada se tuvo una producción promedio de 42.7 kg/día, a diferencia ($P > .001$) de 33.7 kg /día cuando se le proporciono la soya sin procesar.

En la tercera lactancia las vacas tuvieron producciones similares. En el establo A, la producción de leche de las vacas a las que se les proporciono la pasta de soya procesada fue de 42.7 kg/día, a diferencia ($P > 0.01$) de las vacas que se les suministro la pasta de soya sin procesar que fue de 35.2 kg/día. En el establo B, la producción de las vacas a las que se les suministro la pasta de soya procesada fue de 45.6 kg/día, mientras aquellas vacas que recibieron la pasta de soya sin procesar tuvieron una producción promedio de 36.2 kg/día ($P > 0.01$).

En otro experimento (All y col, 1994) con vacas lactando les ofrecieron dietas básicas a las cuales se agregaron 225 gramos de jabones de calcio preparadas de grasa animal, aceite de palma y con aminoacidos protegidos en el rumen (metionina y lisina). Los resultados mostraron que el jabon de calcio, mas los aminoacidos protegido en el rumen produjo un aumento adicional significativo en la producción de leche.

Kampl y col, (1996) en un experimento con 17 vacas Simmental entre 3 y 7 semanas de lactación con un promedio diario de ordeña de leche de 22.7 litros, fueron alimentadas en una dieta basada en suplementación diaria con 15 gramos de metionina protegida en el rumen, para estimar su efecto en la producción de leche. La metionina suplementaria aumento la producción de leche en 2.19 litros.

Nichols y col. (1998) en un experimento de 12 vacas multíparas Holstein promediando 57 días de lactación (36- 77 días). Los suplementos proteicos de la dieta fueron, T1 pasta de soya, T2 pasta de soya + lisina y metionina protegida en el rumen, T3 grano de maíz destilado y T4 grano de maíz destilado + lisina y metionina. La producción de leche se incremento con los granos de maíz destilado: 34.3, 34.0, 35.3 y 36.7 kg/día respectivamente, cuando se suplemento lisina y metionina protegidas en el rumen. la producción de grasa y el porcentaje en la leche no fueron afectadas por la dieta.

Merchen et al, (1998), evaluando el efecto de la temperatura del tostado del poroto de soya sobre la digestión de la proteína y de los ácidos grasos en novillos Angus x Simmental, encontraron un incremento en la fracción proteica “by pass” al elevar la temperatura del poroto de soya hasta 140°C, luego decreció.

Estudios e investigaciones realizados afirman que la harina de pescado, es la fuente proteica que contiene el mejor balance de nutrimentos para ser usada en alimentación animal, sin embargo, por su procesamiento, su demanda en otros países, sus condiciones de transporte, las adulteraciones y su costo, limitan su disponibilidad. Para ello seria de interés, realizar investigaciones más profundas del tratamiento de la (soya) con diferentes niveles en la formulación para bajar costos de producción, ya que este tratamiento se acerca más a los valores nutricionales de la harina de origen animal (Aguilar, 2016).

Para inactivar los factores antinutricionales en alguna semilla de oleaginosas se requieren temperaturas moderadas y por tiempo breve. En los últimos años se han realizado numerosos estudios utilizando en la alimentación de rumiantes grano de Soja “cruda” o sojilla (soja partida) sin ningún tratamiento, con excelentes resultados aún en proporciones que superaron el 20% de la dieta. Estos resultados se hallan en función a lo descrito por Burgstaller, G. (1981), quien indica que el aumento de producción en la proteína microbiana puede elevar la producción de leche y los componentes en ella en ganado lechero y mejorar la ganancia de peso en animales en producción (Leon, 2015).

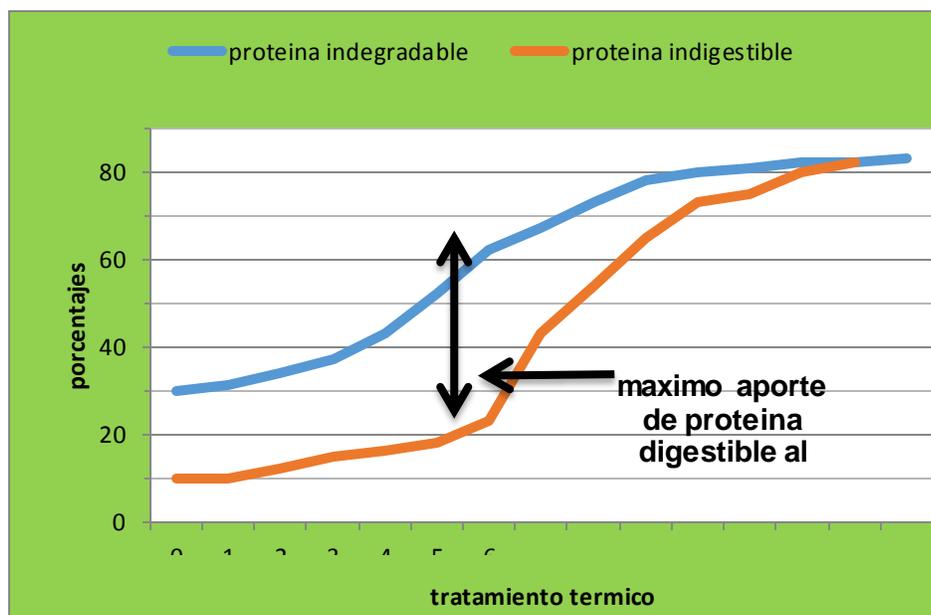


FIGURA 3. Influencia del tratamiento térmico sobre la proporción de proteína no degradable en el rumen y digestible en el intestino delgado (Guada, 1983).

Los resultados determinados en la presente investigación son inferiores a los informados por Nichols y col, 1998), quien e la investigación utilizaron 12 vacas multíparas Holstein promediando 57 días de lactación (36- 77 días). Los suplementos proteicos de la dieta fueron, T1 pasta de soya, T2 pasta de soya + lisina y metionina protegida en el rumen, T3 grano de maíz destilado y T4 grano de maíz destilado + lisina y metionina. La producción de leche se incremento con los granos de destilado (34.3, 34.0. 35.3 y 36.7 kg/día respectivamente) especialmente cuando se suplemento lisina y metionina protegidas em el rumen.la producción de grasa y el porcentaje en la leche no fueron afectadas por la dieta.

En otra investigación realizada por (Merchen et al, 1998) evaluaron el efecto de la temperatura de la soja sobre la digestión de la proteína y de los ácidos grasos en novillos Angus x Simmental, encontraron un incremento en la fracción proteico "by pass" hasta 140°C, luego decreció. Mientras, que el flujo de nitrógeno bacteriano a duodeno no sufrió modificaciones en los distintos tratamientos. Sin embargo, fue significativo el efecto de la soja sobre la tasa de una mejora en la digestibilidad del N en dicha porción del tracto digestivo, al desactivar el inhibidor de la tripsina y mejorando su utilización.

Otro trabajo reciente usando poroto de soja tratado con calor fue el realizado por Armentano et al (1997), quienes evaluaron la respuesta en leche y proteína de la leche con vacas lecheras de alta producción (41.5 kg/día) y una dieta basada en henolaje de alfalfa (silo pack) y poroto de soja.

Como resultado de la desnaturalización, la solubilidad de la proteína se reduce y disminuye su susceptibilidad a la degradabilidad en el rumen, como se muestra en la **Figura 4** que ilustra el efecto del procesado de la soja sobre su ritmo de degradación en el rumen (Stern et al, 1985).

Segun estudio de (Garzón, J. 2005) el contenido de grasa en la leche previo a los tratamientos, no presentaron diferencias estadísticas ($P>0.05$), al registrar un promedio general de 3.26%, mientras que el contenido de grasa en la leche durante el tratamiento presento diferencias altamente significativas ($P<0.01$), informando el valor más alto para la leche de las vacas tratadas con soja a temperaturas de 132 y 149°C.

La evaluación de la cantidad de proteína y materia orgánica que los microorganismos del rumen degradan, es muy importante para calcular la proteína a suplementar.

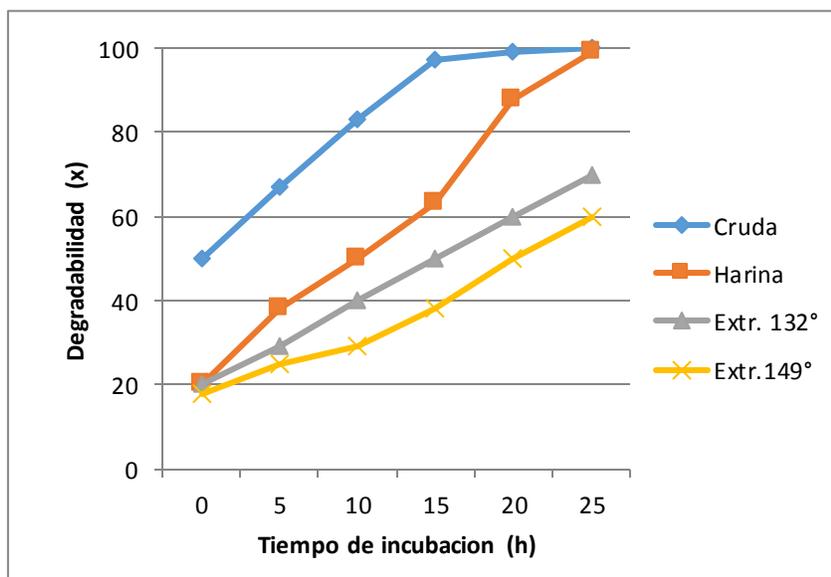


FIGURA 4. Cinética de degradación ruminal de la harina de soja y de la soja cruda extrusionada a 132 y 149°C (Stem et al, 1985).

Las consecuencias de este efecto sobre la proporción de proteína digerida em el rumen y en el intestino delgado de rumiantes que recibian dietas identicas pero formuladas con distintos tipos de soja, se muestra en la **Figura 5**

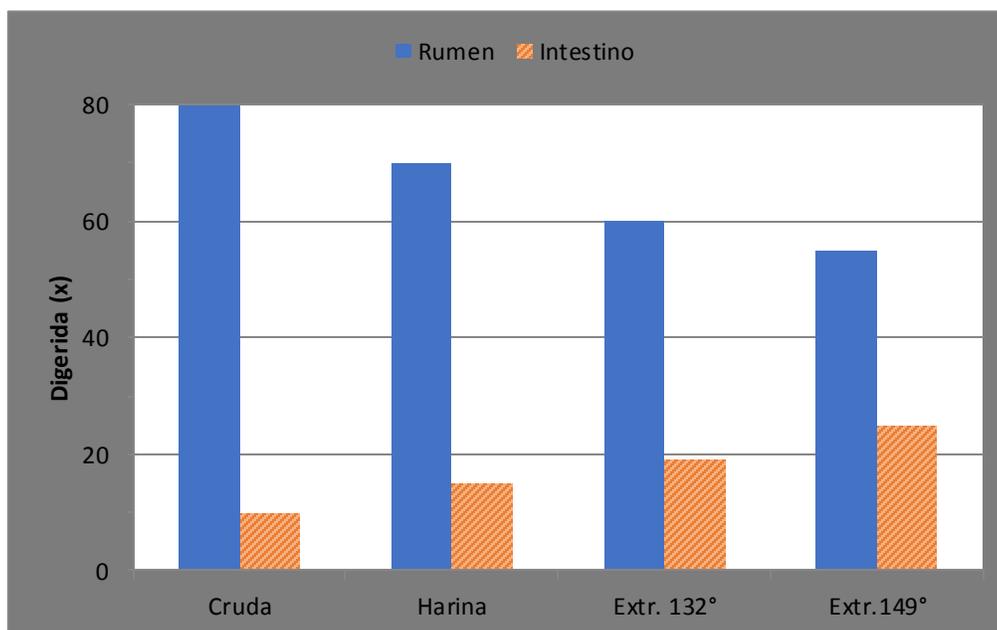


FIGURA 5. Proporción de la proteína ingerida que es digerida en el rumen y en el intestino delgado de las dietas con harina de soya, soya cruda o extrusionada a 132 y 149°C (Stem et al, 1985).

Los resultados obtenidos se hallan de acuerdo a lo expuesto por Dearriba, J. (2000), quien indica que se obtiene una mejor eficiencia ruminal, al utilizar soya a temperatura mayor se mejora la producción de leche y componentes de la misma.

Esto explica a que existe mayor producción de proteína microbiana. La eficacia del tratamiento depende de que la degradabilidad ruminal se vea, mas afectada que la degradabilidad intestinal, existiendo un rango de condiciones optimas de temperatura y tiempo de aplicación para lograr la máxima protección ruminal sin detrimento de su digestibilidad intestinal (Sherrod y Tillman, 1964).

Los resultados de (Faldet et al, 1988), muestran que se consigue una optima protección de la soya calentandola en seco a 160°C durante 30 minutos, pero que es posible alcanzar un nivel de protección equivalente com 140°C durante 120min., lo que supone doblar el tiempo de tratamiento por cada 10°C de diferencia de temperatura, siempre que se supere un nivel mínimo para garantizar una protección significativa.

5. CONCLUSIONES

Cuando se suministra proteína en el alimento, en el rumen las bacterias degradan parte de esta proteína y es utilizada en forma de amonio por los microorganismos. La cantidad de proteína con alto valor biológico que es suministrada en el alimento no llega en su totalidad al intestino delgado y esto tiene como consecuencia una baja en la producción, por esta razón es necesario suministrar proteína que sea utilizada directamente en el intestino delgado y así completar los requerimientos diarios de proteína y aminoácidos que necesita el animal de acuerdo al nivel de producción a la que está destinado.

Las mismas proteínas de sobrepaso se degradan en un menor grado por eso el incrementar la proteína de sobrepaso debe ser adecuadamente balanceada (ejemplo la soya) así mejorar la absorción de los aminoácidos en el intestino delgado al suministrar la proteína que el animal necesita para su producción.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

Abreu, C. M.; Becerra, E. J.; Esponda, C. 2017. Tesis de licenciatura. Universidad de la Republica. Montevideo, Uruguay.

Aceró, G. G. 2007. Manual de prácticas de bromatología. Universidad autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes, México.

Aguilar, C. L. A. 2016. Evaluación del efecto de tres fuentes de proteína vegetal (soya-alfarina-algodón) en el alimento balanceado para cerdos landrace (sus scrofa) en etapa de crecimiento y engorde en la comunidad de quinchuquí - otavalo. Tesis de licenciatura. Universidad técnica del norte. Ibarra, Ecuador.

Aguilar, C. N. A. 2017. Efecto de la grasa sobrepasante sobre la reactivación ovárica postparto en vacas Holstein Mestizas con diferente condición corporal. Tesis de licenciatura. Universidad de la cuenca. Bogotá, Colombia.

Anzolabehere, F. M. Y Cortazzo, A. N. R. 2017. Utilización de granos secos de destilería obtenidos a partir de sorgo (DDGS) en raciones concentradas ofrecidas a terneros de destete precoz alimentados en confinamiento. Tesis de licenciatura. Universidad de la República. Montevideo, Uruguay.

Aponte, A.; Valencia, C. E.; Beaver, J. J. 2015. Producción de biomasa y valor nutritivo de líneas de soya forrajera (*Glycine max* L Merr) en el noroeste de Puerto Rico. Rev J. Agríc. Univ. P.R. 99 (1): Pp. 19-36.

Arechiga, C. R. J. 2002. Utilización de proteína de sobrepaso o protegida en la alimentación de rumiantes. Monografía. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.

Ayala, L.; Aguilar, N.; Nieto, P.; Rodas, R.; Dutan, J.; Murillo, Y.; Vázquez, J.; Samaniego, J. 2018. Efecto de la grasa bypass sobre la reactivación ovárica postparto en vacas Holstein friesian mestizas con condición corporal diferente. REDVET Rev. Electrón. vet. 19(5): Pp. 2-13.

Avalos, E. A. C. 1993. Suplementación de proteína sobrepasante em ganado Holstein sobrepasante. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Nuevo Leon. Nuevo Leon, México.

Barrera, M.A., Anaya, J., Gutiérrez, D.C., Calderón., Retes, R. Efecto de dos fuentes de proteína de sobrepaso sobre el comportamiento productivo y costo de alimento por kilogramo

ganado en becerras en crecimiento de la raza Brangus. 2013. Departamento de Agricultura y Ganadería, Universidad de Sonora 1(1). Pp. 697-712

Barreto, G. F. Y Toledo, V. D. L. 2017. Evaluación de la calidad proteica de la formulación de harinas de soya (*glycyne max*), avena (*avena sativa l.*) y trigo (*triticum aestivum l.*) (1:1:2) y su efecto sobre la recuperación de la desnutrición proteica inducida en ratas albinas (*rattus norvegicus*). Revista de Investigación Científica. 2(1): Pp. 42-50.

Bauza, R. 2016. Curso de nutrición animal. Ver. Nutrition animal. 1(1). Pp.12-29.

Campabadal, C. 2010. Comparación del valor nutritivo de la harina de soya y los destilados de maíz. Revista Sitio Argentino de Producción Animal. 1(1): Pp 2-103.

Clerc, J. V.; Fonseca, M.; Rocco, J. 2017. Sustitución de la proteína verdadera por niveles crecientes de nitrógeno no proteínico de lenta liberación (optigen) en terneros de destete precoz alimentados en confinamiento. Tesis de licenciatura. Universidad de la república. Montevideo, Uruguay.

Comerón, E.; Romero, I.; Vera, M.; Villar, J.; Maciel, M.; Charlón, V.; Tieri, M. P. Salado, E. 2016. Información técnica de producción animal. 2(1):Pp.2-202.

De La Re, R.R.; Barrera, M. A.; Anaya, J.; Gutiérrez, D. C.; Calderón, O.; Retes, R. 2013. Efecto de dos fuentes de proteína de sobrepeso sobre el comportamiento productivo y costo de alimento por kilogramo ganado en becerras en crecimiento de la raza brangus. XXVI congreso internacional en administración de empresas agropecuarias 1(1); Pp. 12-30).

De Luna, L. A. 2006. Valor Nutritivo de la Proteína de Soya. Revista Redalyc. 14(36):Pp.29-34.

Díaz, C. K. 2017. Análisis del uso de distintos concentrados proteicos en dietas de vacas lecheras. Monografía. Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, México.

Díaz, R. F. 2016. Potenciación de la respuesta productiva en rumiantes mediante el empleo de proteínas protegidas. Tesis de doctorado. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España.

Eduardo Aguiar, Z. E. Y Rojas, B. A. 2015. Variaciones de β caroteno en sangre de vacas lecheras durante el período post parto. Revista Nutrición Animal Tropical. 9(2): Pp. 91-104.

Estándar Nacional de la República Popular China. Soja.
http://www.puntofocal.gov.ar/notific_otros_miembros/chn402_t.pdf

Fernandez, M. A. 2014. Transformación de subproductos y residuos de agroindustria de cultivos templados, subtropicales y tropicales en carne y leche bovina. Ediciones INTA. 20(1): Pp.2-200.

Galindo, J.; Elías, A.; Muñoz, E.; Marrero,; González, N.; Sosa, A. 2017. Ruminal activators, general features and their advantages for feeding ruminants. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 51(1): Pp. 11-23.

Garzón, R. W. F. 2013. Efecto de la adición de grasas protegidas sobre la actividad reproductiva en vacas de leche de alta producción durante el período de transición. Tesis de licenciatura. Universidad de la Salle.

González, R. M. Los compuestos nitrogenados en la alimentación de los ovinos. Sistema productivo de ovinos <https://www.uno.org.mx/sistema/pdf/alimentacion/loscompuestosnitrogenados.pdf>

Guerrero, R. P. 2011. Efecto de la adición de un producción palatizado elaborado a base de productos agroindustriales sobre lo coeficientes de digestibilidad, parámetros energéticos y balance de nitrógeno en ovinos. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.

Hernández, O. F.A. 2009. Diseño de producto para la creación futura de una empresa productora y comercializadora de bebidas saludables a base de soya para el mercado de la ciudad de Bogotá, cuyos flujos de información estén soportados en tecnologías de la información. Tesis de doctorado. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia.

Introducción a los granos secos de destilería con solubles de EUA. <http://lta-grains.org/wp-content/uploads/2016/12/DDGS-Manual-Capitulo-01.pdf>

Jimenez, R. S. N. 2008. Producción y comercialización de productos de soya. Tesis de licenciatura. Universidad politécnica Salesiana. Quito, Peru.

León, S. M. 2005. Proteína em nutrición artificial. *Revista Tarradallas*. 36(1): Pp. 5-21.

López. C. J. S. 2018. Utilización de granos secos de cervecería en la alimentación de vacas en producción en la quinta "punzara" de la universidad nacional de Loja. Tesis de licenciatura. Universidad nacional de Loja. Loja, Ecuador.

Liñan, G. M. A. 2015. Respuesta fisiológica de cabras reproductoras a la suplementación con subproductos agroindustriales cáscara de naranja, DDGS y urea. Tesis de maestría. Universidad autónoma de Nuevo León. Nuevo Leon, México.

López, G. J. A. 2015. Inclusión de harina de semilla de *Lupinus angustifolius* L como sustituto de la soya en dietas de pollo de engorda. Tesis de maestría. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, México.

Maya, H. S. 2016. Procesos de Producción de Alimentos balanceados. Tesis de licenciatura. Facultad Ciencias Administrativas Agropecuarias. Caldas, Peru.

Mejía, H. I. Y Mejía, H. J. 2007. Nutrición Proteica de Bovinos Productores de Carne en Pastoreo. *Revista Acta universitaria*. 17 (2): Pp. 45-54.

- Melgar, R.; Vitti, G.; Melo, B. V. 2011. Soja en latinoamerica. IIP Boletín. 20(1): Pp. 2-180.
- Montoya, A. J. A.; Correa, C. H. J.; Galvis, G. R. D. 2015. Ect of choline and methionine protected on intake, Lipid Mobilization, Production and composition of milk in Holstein Cows. Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia. 10(2): Pp.179-19.
- Mori, T. L. 2016. Efecto de los granos secos de destilería con solubles (DDGS) en la producción láctea de vacas de la raza jersey en el establo de la UNTRM chachapoyas. Tesis de licenciatura. Universidad nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de amazonas. Cachapoyas, Peru.
- Ortuño, B. C. L. Y Loja, P. J.S. 2016. Efecto de la grasa sobrepasante en el reinicio de la actividad ovárica y su relación con la glucosa y colesterol en vacas en período de transición. Tesis de licenciatura. Universidad de Cuenca. Bogotá, Colombia.
- Proaño, O. F. B. 2015. Obtención y evaluación de grasas de sobrepaso a partir de residuales de aceite de palma y sebo ovino en la suplementación de bovinos. Tesis de doctorado. Universidad Agraria de la Habana. Mayabeque, Cuba.
- Reyes, M. A.; Reyes, M. A.; Aguilar, G. C. N.; Carrillo, I. M. L. 2017. Propiedades antioxidantes de infusiones de neem (*Azadirachta indica*) encapsuladas con proteína de soya. Revista Electrónica Nova Scientia Nova. 9(1):Pp. 167- 185.
- Rodríguez, C. L. A. Y Ruiz, S. G. 2015. Efecto de suplementos minerales sobre el desarrollo corporal y reproductivo de hembras bovinas. Revista Nutrición Animal Tropical. 9(1):Pp.57-87.
- Rodríguez, R. M. R.; González, S. A.; Yáñez, M. A.; Silva, L. M.; Gómez, E. C. I. 2013. Composición química de recursos forrajeros para la alimentación de ovinos en colima. Folleto UNIFAP técnico. 3(1): Pp. 3-66.
- Romero, A. T. A. 2016. Evaluación del incremento de peso en bovinos mestizos con pollinaza y cerdaza como suplementación alimenticia en el cantón marcabeli. Tesis de licenciatura. Universidad técnica de Machala. Machala, Colombia.
- Ruminant nutrition. 2005. XIX Reunión ALPA. Arch. Latinoam. Ver. Prod. Anim.13(1):Pp.161-190.
- Sánchez, J. V. V. 2008. Control de calidad em la producción de soya. Tesis de licenciatura. Instituto Politécnico Nacional. México.
- Sánchez R. M. 2015. Estrategias de alimentación y racionamiento en caprino. Ver. Jornada técnica. 1(8): Pp 12-186.

Sghirla, H. G. E. 2014. Evaluación de dos productos biotecnológicos optigeniyy em vacas lecheras del subtrópico ecuatoriano. Tesis de Postgrado. Escuela superior politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador.

Solano, P. A. Alimentación para producción de leche en el trópico. [http://proleche.com/recursos/documentos/congreso2011/7.Alimentacion para produccion de leche en el tropico.pdf](http://proleche.com/recursos/documentos/congreso2011/7.Alimentacion_para_produccion_de_leche_en_el_tropico.pdf)

Todo Natural, proteína de sobrepaso de Soya de alto rendimiento. Aminoplus. <https://www.agp.com/Media/Default/documents/AminoPlus/Information/Spanish/Amino%20HO310%20Spanish.pdf>

Toledo, V. D. L. 2016. Evaluación de la calidad proteica de la formulación de harinas de soya (glycyne max), avena (avena sativa l.) y trigo (triticum aestivum l.) (1:1:2) y su efecto sobre la recuperación de la desnutrición proteica inducida en ratas albinas (rattus norvegicus). Tesis de licenciatura. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Arequipa, Peru.

Uso de los DDGS en las dietas de ganado de engorda. <http://lta-grains.org/wp-content/uploads/2014/10/fc33ca7fbe6ee89a03ef6a24703f672a.pdf>

Vargas, V. O.; Cambroner, C. O.; Elizondo, S. J. A. 2017. Supplementation of methionine hydroxy analog: effect on dairy cow performance. Rev. Agron. Mesoam. 28(3): Pp. 643-655.

Vargas, V. O. A. Y Elizondo, S. J. A. 2015. Respuesta productiva del ganado lechero ante el suministro de metionina sintética. Revista Nutrición Animal Tropical. 9(1):Pp. 24-38.

Villalobos, G. C.; González, V. E.; Ortega, S. J. A. 2000. Técnicas para estimar la degradación de proteína y materia orgánica en el rumen y su importancia en rumiantes en pastoreo. Revista Redalyc. 38(2): Pp. 119-134.