

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD PROTEICA, CONSUMO DE FRAGMENTOS
NITROGENADOS Y DIGESTIBILIDAD DE LA PROTEÍNA PRESENTE EN DIETAS
SUMINISTRADAS A BOVINOS CHINOS SANTANDEREANO EN ESTABULACIÓN**

JUAN SEBASTIÁN QUINTERO PARDO

CODIGO: 150215226

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE ZOOTECNIA
FUSAGASUGÁ, COLOMBIA**

2020

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD PROTEICA, CONSUMO DE FRAGMENTOS
NITROGENADOS Y DIGESTIBILIDAD DE LA PROTEINA PRESENTE EN DIETAS
SUMINISTRADAS A BOVINOS CHINO SANTANDEREANO EN ESTABULACIÓN**

**Trabajo opción investigación, presentado como requisito para obtener el título de
zootecnista**

DIRECTOR

DAVID ESTEBAN CONTRERAS MARQUEZ

MVZ, Magister y PhD en Nutrición y producción de rumiantes

CODIRECTOR

EDWIN DAVIER CORREA ROJAS

Magister en Ciencia Animal

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE ZOOTECNIA
FUSAGASUGÁ, COLOMBIA
2020**

Dedicatoria

Este triunfo es dedicado primordialmente a Dios quien ha sido mi principal guía en cada uno de los procesos que he logrado, a mi querido padre Fredy Quintero Romero, ya que ha jugado un papel muy importante en mi vida, con su esfuerzo, dedicación, responsabilidad, disciplina, comprensión y apoyo. Infinitas gracias, eres mi mayor motivo junto a mi madre hermosa Marcela Pardo (Q.D.E.P). A mi abuela Edilma Romero, que ha sido como una madre para mí, brindándome esos valores tan importantes para crecer como persona. A mi compañera, amiga y apoyo Heidy Gutiérrez, por estar ahí en los momentos más difíciles y acompañarme gran parte de esta formación profesional, a mi hermano, mis abuelos, tías y tíos, primos y demás familiares que han contribuido de forma positiva a mi formación como futuro y excelente profesional.

JUAN SEBASTIAN QUINTERO PARDO

Agradecimientos

Principalmente le doy muchas gracias a Dios por darme la salud y sabiduría para lograr este gran trabajo. A mi papá **Fredy Quintero Romero** quien es mi mayor orgullo, gracias por jugar un papel tan importante en mi vida, que es ser padre y madre a la vez; no fue fácil después de tantos sacrificios. Gracias por brindarme cada uno de esos valores que me enseñaron a ser mejor persona y a obtener lo que hoy en día soy y tengo, eres uno de los motivos por la cual quiero salir adelante. A mi madre **Marcela Pardo Chaves**, aunque no está presente en este mundo para ver cada una de mis metas hechas realidad, en alguna parte del cielo estará viendo lo mucho que puedo hacer como persona y lo orgullosa que se debe sentir; siempre te llevare en mi corazón. A mi abuela **María Edilma Romero**, que con su amor dedicación y sus grandes virtudes que me ha transmitido desde pequeño han hecho de mi un gran ser humano, gracias por ser esa madre que por cosas del destino no pude tener, pero estas tu para hacerme cada día mejor. A Dios y a ustedes dos, les debo quien soy y quien seré. Los amo. Además, agradecer a mis abuelos, tías, tíos y primos porque también fueron intermediarios de este proceso de formación.

A **Heidy Gutiérrez Zocadagui** mi compañera, amiga y complemento, quien ha estado conmigo en las buenas y en las malas, quien a pesar de las circunstancias siempre estuvo ahí brindándome su apoyo, comprensión y respeto durante todo este tiempo, por eso y más mil gracias, Te amo.

A **Jeison David Montoya Cruz, Luis Miguel Díaz, Erika Liliana Rodriguez y Alberto Suárez Quiñones**, personal técnico administrativo adscrito a los laboratorios de la Universidad de Cundinamarca, por el acompañamiento durante el desarrollo de los análisis descritos en la presente investigación.

Finalmente, a quienes aportaron a mi formación como futuro profesional de la Zootecnia, especialmente a los profesores David **Esteban Contreras Márquez**, director de trabajo de grado, **Edwin Davier Correa Rojas** codirector, que con sus valores de compromiso, apoyo, responsabilidad y puntualidad hicieron que este trabajo fuera todo un logro, al profesor **Jairo Enrique Granados** quien contribuyo de forma positiva a mi formación académica, profesional y laboral. Al director de programa **John Alexander Moreno** y a **la Doctora Vilma Moreno Melo** decana de la Facultad de Ciencias agropecuarias, y también totalmente agradecido con los docentes y personas que me apoyaron en este proceso académico correspondiente.

JUAN SEBASTIAN QUINTERO PARDO

Tabla de contenido

Resumen ejecutivo	10
1. Introducción	13
2. Planteamiento problema	16
3. Justificación	17
4. Objetivos	18
4.1 <i>Objetivo General</i>	18
4.2 <i>Objetivos específicos</i>	18
5. Marco Referencial	19
5.1 <i>Proteína bruta (PB) y Fraccionamiento</i>	19
5.3 <i>Nitrógeno no proteico (NNP)</i>	22
5.4 <i>Proteína Verdadera (PV) (Fracción B)</i>	23
5.5 <i>Proteína insoluble detergente acido (PIDA) fracción C y detergente neutro (PIDN) fracción B2</i>	24
5.6 <i>Consumo</i>	25
5.7 <i>Digestibilidad</i>	26
5.7.1 <i>Método in vivo</i>	27
5.7.2 <i>Método in vitro</i>	28
5.7.3 <i>Método in situ</i>	29
6. Materiales y Métodos	30
6.1 <i>Localización</i>	30
6.2 <i>Unidades experimentales</i>	31
6.3 <i>Procedimientos experimentales</i>	33
6.3.1 <i>En campo</i>	33
6.3.2 <i>En laboratorio</i>	36
6.4 <i>Análisis Químico</i>	36
6.5 <i>Análisis estadístico</i>	37

7. Resultados	39
7.1 Composición de la proteína bruta y fibra presente en heno y suplemento suministrado a bovinos “Chino Santandereano” en estabulación	40
7.2 Fracciones de proteína presente en heno y suplemento suministrado a bovinos “Chino Santandereano” en estabulación	41
7.3 Consumo de fracciones nitrogenadas de mediana y alta digestibilidad	44
7.4 Consumo de fracciones nitrogenadas de baja, lenta y nula digestibilidad	47
7.5 Composición porcentual del consumo de cada fracción en relación con el consumo de proteína bruta y digestibilidad	48
8. Discusión	52
9. Conclusión	55
10. Recomendaciones	56
11. Referencias Bibliográficas	56
Anexos	59

Lista de figuras	Página
Figura 1. Fraccionamiento de la proteína.....	22
Figura 2. Proteína verdadera (PV) y nitrógeno no proteico (NNP).....	24
Figura 3. Estación agraria Santa Lucia- Barrancabermeja Santander	30
Figura 4. Ubicación Laboratorio de Nutrición- Universidad de Cundinamarca, Fusagasugá	31
Figura 5. Unidades Experimentales	32
Figura 6. Consumo de heno y suplemento.....	34
Figura 7. Colecta de Heces	35
Figura 8. Composición de fibra y proteína bruta.....	40
Figura 9. Composición porcentual de las fracciones de heno y suplemento	41
Figura 10. Consumo de fragmentos de mediana y alta disponibilidad, contrastes NS vs SP, B y M vs A, B vs M.....	45
Figura 11. Consumo de fragmentos de lenta, baja disponibilidad e indigestibles, contrastes SP vs NP, B y M vs A, B vs M.....	47
Figura 12. Representación porcentual de cada fracción proteica en relación al consumo de proteína bruta.....	50
Figura 13. Digestibilidad de la proteína (DPB%) de cada nivel de inclusión.....	51
Figura 14. Consumo Proteína Bruta heno, suplemento y total (CPB).	59
Figura 15. Consumo proteína originaria de Nitrógeno no proteico del heno, suplemento y total (CPNNP).....	59
Figura 16. Consumo de Proteína insoluble en detergente neutro de heno, suplemento y total (CPDIN).....	60
Figura 17. Consumo Proteína insoluble en detergente Acida de heno, suplemento y total (CPIDA)	61
Figura 18. Consumo proteína Verdadera de heno, suplemento y total (CPV).....	61
Figura 19. Consumo de fracción B3 de heno, suplemento y total (CFB3)	62
Figura 20. Relación PVad/PB; PIDN/PB; PV/PB de heno, suplemento y total.	62
Figura 21. Relación Proteína proveniente de nitrógeno no proteico y fraccionamiento B3	62
Figura 22. Determinación de nitrógeno no proteico (NNP)	63
Figura 23. Digestión.....	63
Figura 24. Determinación nitrógeno por el método de Kjeldahl.....	64
Figura 25. Determinación de Fibra detergente Neutro y Acida (FDN, FDA)	64
Figura 26. Personal del laboratorio de nutrición animal.....	65

Lista de tablas	Página
Tabla 1. Fracción y composición de la proteína	20
Tabla 2. Composición de la dieta suministrada a bovinos Chino Santandereano en estabulación	33
Tabla 3. Variables de los contrastes ortogonales	38
Tabla 4. Composición de la proteína bruta y fibra presente en heno y suplemento ofertado a bovinos “Chino Santandereano” en estabulación.....	39
Tabla 5. Consumo de fragmentos de mediana y alta disponibilidad, que hacen parte de la proteína bruta presente en heno y suplemento ofertado a bovinos “Chino Santandereano” en estabulación.....	43
Tabla 6. Consumo de fragmentos de lenta y baja disponibilidad e indigestible, que hacen parte de la proteína bruta presente en heno y suplemento ofertado a bovinos “Chino Santandereano” en estabulación.....	46
Tabla 7. Representación porcentual del consumo de cada fracción proteica en relación con el consumo de proteína bruta, y digestibilidad de la proteína bruta.....	49

Resumen ejecutivo

Para determinar la composición nutricional de los alimentos, normalmente son evaluados macronutrientes en su completa estructura, entre tanto, al interior de estos componentes se encuentran fracciones moleculares que puedan afectar la disponibilidad y digestibilidad, específicamente sirven para las diferentes funciones metabólicas del animal y de esta manera la transformación de las proteínas será alimento intermediario para la digestión y síntesis de moléculas proteicas específicas, por consiguiente este trabajo tuvo como objetivo determinar la concentración y el consumo de fragmentos nitrogenados que hacen parte de la proteína como: nitrógeno no proteico (NNP), proteína verdadera (PV), proteína verdadera altamente digestible (PVAD), proteína verdadera de lenta digestibilidad (PVLD), proteína insoluble en detergente neutro (PIDN) y proteína insoluble en detergente acida (PIDA) presentes en la dieta suministrada a bovinos chinos santandereano y su efecto en la digestibilidad de la proteína bruta. Fueron analizadas dietas de bovinos “Chino Santandereano” en estabulación, recibieron diferentes niveles de suplementación, siendo los tratamientos NS, no suplementados; BAJO, suplementados con cantidades relativas al 0.5% del peso vivo; MEDIO, suplementados con cantidades relativas al 1.0% del peso vivo; ALTO, suplementados con cantidades relativas al 1.5% del peso vivo. La dieta suplementar estuvo compuesta por soya (35.34%), torta de palmiste (10.00%), maíz molido (27.33%) y salvado de arroz (27.33%), formulada para aportar 200 gr PB/kg-MS de suplemento. Además del suplemento los animales recibían heno *Baccharia humidicola* (Rendle) Schweick. (Poaceae) ofrecido *ad libitum*. El consumo fue determinado de manera diaria, y la digestibilidad, a través de colecta total de heces en los dos últimos días de cada periodo. En los resultados obtenidos en este trabajo se encontró mayor concentración de proteína bruta en el suplemento en comparación del forraje ($P < 0,001$), entre tanto, el forraje presentó mayor concentración de PBNP ($P < 0,001$) a la vez que el suplemento presento concentración más elevada de PV ($P < 0,001$) y PVAD ($P = 0,027$).

Animales suplementados presentaron mayor consumo de PBNNP ($P=0,037$), PV, PIDN, PVAD, PIDA, y PVLD ($P<0,001$), entre tanto, cuando se determinó la concentración que representa el consumo de PIDA en el consumo de PB, no se observó diferencia entre suplementados y no suplementados ($P=0,078$). Mayor digestibilidad de la PB ($P <0,05$) fue encontrada en animales suplementados. Teniendo en cuenta los resultados de este trabajo se puede concluir que la suplementación de los bovinos chino santandereano mejora la digestibilidad de la proteína bruta por aportar mayor cantidad de fragmentos nitrogenados altamente disponibles.

Palabras claves: Fibra insoluble, fracción molecular, nitrógeno no proteico, proteína verdadera, rumiantes y suplementación.

Abstract

In order to determine the nutritional composition of food, macronutrients are usually evaluated in their complete structure, while in the interior of these components there are molecular fractions that can affect the availability and digestibility, specifically they serve the different metabolic functions of the animal and in this way Protein transformation will be an intermediate food for the digestion and synthesis of specific protein molecules, therefore this work aimed to determine the concentration and consumption of nitrogen fragments that are part of the protein such as: non-protein nitrogen (NPN), protein true (PT), true highly digestible protein (THDP), true slow digestibility protein (TSDP), protein insoluble in neutral detergent (PIND) and protein insoluble in acid detergent (PIAD) present in the diet supplied to Chinese cattle from Santander and its digestibility effect crude protein diets of bovine "Chino Santander" in housing were analyzed, they received different levels of supplementation, being the NS treatments, not supplemented; LOW, supplemented with amounts relative to 0.5% of the live weight; MEDIUM, supplemented with amounts relative to 1.0% of the live weight; HIGH, supplemented with amounts relative to 1.5% of the live weight. The supplementary diet was composed of soy (35.34%), palm kernel cake (10.00%), ground corn (27.33%) and rice bran (27.33%), formulated to provide 200 gr PB / kg-

MS of supplement. In addition to the supplement the animals received hay *Brachearia humidicola* (Rendle) Schweick. (Poaceae) offered ad libitum. Consumption was determined daily, and digestibility, through total stool collection in the last two days of each period. In the results obtained in this work, a higher concentration of crude protein was found in the supplement compared to the forage ($P < 0.001$), meanwhile, the forage presented a higher concentration of PBNPN ($P < 0.001$) at the same time that the supplement had a concentration higher of PT ($P < 0.001$) and THDP ($P = 0.027$). Supplemented animals had higher consumption of PBNPN ($P = 0.037$), TP, PIND, THDP, PIAD, and THDP ($P < 0.001$), meanwhile, when the concentration representing the consumption of PIAD in the consumption of PB was determined, no difference was observed between supplemented and non-supplemented ($P = 0.078$). Higher digestibility of PB ($P < 0.05$) was found in supplemented animals. Taking into account the results of this work, it can be concluded that the supplementation of the Chinese bovine animals from Santander improves the digestibility of the crude protein by providing a greater quantity of highly available nitrogen fragments.

Key Word: Fiber insoluble, molecular fraction, non-protein nitrogen, true protein, ruminants and supplementation.

1. Introducción

Las proteínas son macromoléculas constituidas por aminoácidos, que son la base monomérica unidas por enlaces peptídicos. Las proteínas cumplen determinado proceso según su estructura ya sea terciaria o cuaternaria. Debido a la estructura, las proteínas se pueden desnaturalizar o renaturalizar, la desnaturalización ocurre cuando pierden su estructura, pero aun así presentando su secuencia de aminoácido que específicamente sirve para las diferentes funciones metabólicas en el organismo del animal. (Ørskov, 1992). Al ser las proteínas uno de los macronutrientes de mayor importancia en el metabolismo animal y por hacer parte de la estructura de órganos y tejidos, de enzimas y ser fuente de nitrógeno para los microorganismos ruminales, deben estar presentes en la dieta y en cantidades relativas a satisfacer las exigencias del animal. (Dewhurst *et al.*, 2000).

El desempeño productivo de rumiantes en pastoreo se encuentra representando por la composición nutricional de las pasturas presentes y la cantidad ingerida. De acuerdo con (Paulino *et al.*, 2010) la mayor parte de la carne producida a nivel mundial, procede de animales criados en sistemas de producción silvopastoril, alimentados con forrajes donde la capacidad de suministrar nutrientes para producción animal varía cualitativa y cuantitativamente a lo largo del año, por influencia de las condiciones climáticas. Las plantas forrajeras normalmente se presentan como fuente energética capaz de ser utilizadas por las bacterias ruminales principalmente fibrolíticas, entre tanto, generalmente no contienen elevadas concentraciones proteicas suficientes para motivar la expresión de la capacidad productiva estipulada por la genética animal.

Los requerimientos o exigencias de proteína normalmente son calculados a base de proteína bruta (PB) o cruda (PC), metabolizable (PM), neta (PN) y líquida (PL), utilizar la proteína bruta como cantidad a satisfacer, podría generar resultados productivo inesperados, en función de que la proteína bruta podría estar no generando la cantidad necesaria de

proteína metabolizable, dada la variedad que puede existir en la calidad de la proteína ofertada, en relación al grado de digestibilidad de cada una de sus partes. (D. M. Torres, 2018)

El contenido de nitrógeno presente en las proteínas ha sido clasificado de acuerdo con el grado de disponibilidad en fracciones A, B1, B2, B3 y C (Licitra *et al.*, 1996b). A, representa el nitrógeno no proteico (NNP), fracción altamente disponible a nivel ruminal; C, representa la fracción indisponible de la proteína bruta por estar adherida a la fibra detergente ácido (FDA), recibiendo el nombre de proteína insoluble en detergente ácido (PIDA). La fracción B representa grande parte de la proteína verdadera (PV), determinada por diferencia entre la PB menos la fracción A; la fracción B3 representa la proteína verdadera de lenta digestibilidad (PVLD), determinada por diferencia entre la proteína adherida a fibra detergente neutro (FDN) llamada de proteína insoluble en detergente neutro (PIDN) menos la PIDA. La fracción B1 representa la PV altamente digestible (PVAD) determinada por diferencia entre la PV menos PIDN. La fracción B2 representa la proteína con tasa de degradación intermedia, correspondiente al nitrógeno restante (Sniffen *et al.*, 1992a).

Materias primas utilizadas en la alimentación animal cuya proteína contenga elevadas concentraciones de fracciones indigestibles o de lenta digestibilidad podrían comprometer el aporte de proteína metabolizable y el desempeño productivo de rumiantes (Batista *et al.*, 2016).

Bovinos alimentados con forraje normalmente presentan ingesta de proteína limitada, dada a la baja concentración de este componente nutricional en la gran mayoría de gramíneas tropicales (Batista *et al.*, 2016), adicional a esto, la proteína presente en el forraje podría presentar una elevada concentración de fracciones nitrogenadas de lenta digestibilidad e indigestibles, por su alta proporción de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente acida (FDA) en la materia seca de la mayoría de las gramíneas y leguminosas (Marquez *et al.*, 2017).

La suplementación con materias primas que cuenten con concentración proteica y energética elevada, y baja concentración de fibra, podrían mejorar la digestibilidad de la proteína, bajo el presupuesto de contener menos componentes nitrogenados ligados a la fibra. (Detmann *et al.*, 2014).

2. Planteamiento problema

El desempeño animal normalmente está regido por la cantidad de nutrientes presentes en la dieta total de acuerdo con la época del año. La cantidad de nutrientes a suministrar es determinada por los requerimientos establecidos para cada fase etaria y el grado de desempeño diario deseado. La proteína comúnmente recibe el término “cruda o bruta” como referencia a la totalidad de nitrógeno presente en el alimento y a las fallas metodológicas para su determinación (para determinar la concentración proteica de un alimento se multiplica el valor de nitrógeno por 6,25 teniendo como referencia que toda proteína tiene 16% de nitrógeno, entre tanto, la concentración de nitrógeno al interior de las proteínas varía en función del perfil de aminoácidos, no siendo siempre 16%) (Parro, J., Dorsant, H., Cuesta, A, & Laredo, 1983).

Cuando los requerimientos proteicos para bovinos son expresados en proteína bruta, el desempeño animal es dependiente de la calidad de la proteína. Proteínas con mayores concentraciones de fragmentos ligados a fibra (PIDN y PIDA) normalmente serían de baja digestibilidad o indigestibles, mientras que proteínas con menor concentración de estos fragmentos y mayor concentración de nitrógeno no proteico (NNP) y proteína verdadera altamente digestible (PVad) presentarían mayor digestibilidad, así mismo generando mayor aprovechamiento de la proteína reflejado en la ganancia de peso. Siendo así, esta investigación pretende evaluar la calidad de la proteína bruta presente en dietas suministradas a bovinos Chino Santandereano como criterio para explicar la digestibilidad de esta.

3. Justificación

La presente investigación se enfocó en reconocer realmente el aprovechamiento y la calidad de la proteína bruta que es suministrada a bovinos Chino Santandereano, en donde los requerimientos nutricionales normalmente expresan una cantidad neta de proteína bruta que se asocia para el animal; ya que la literatura no reporta cuál debe ser la calidad de la proteína bruta presente en diferentes dietas que se pueden suministrar a bovinos, el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la calidad proteica ya que por una investigación consecutiva el consumo de proteína bruta en animales no suplementados generaba una ganancia de peso negativa (datos no publicados). Así mismo este trabajo pretende determinar la calidad proteica a través del fraccionamiento y la cuantificación de los componentes altamente solubles, de baja solubilidad o insolubles, de tal manera este fraccionamiento permite profundizar los conocimientos teóricos que se llevan a cabo para la determinación de las fracciones moleculares ligadas a fibras.

4. Objetivos

4.1 Objetivo General

Determinar la concentración y consumo de fragmentos nitrogenados de alta, lenta e indigestibles presentes en la dieta suministrada a bovinos Chino Santandereano y su efecto en la digestibilidad de la proteína bruta.

4.2 Objetivos específicos

- Analizar la calidad de la proteína bruta presente en las dietas suministradas a bovinos en estabulación a través del fraccionamiento de sus componentes nitrogenados de alta, lenta digestibilidad e indigestibles.
- Evaluar el consumo de los fragmentos nitrogenados que hacen parte de la proteína bruta presente en de la dieta suministrada a bovinos chino santandereano en estabulación.
- Determinar el porcentaje de participación del consumo de cada fragmento nitrogenado, en el consumo de proteína bruta presente en la dieta suministra a bovinos chino santandereano en estabulación.
- Calcular la digestibilidad de la proteína bruta, como efecto del consumo y concentración de las fracciones nitrogenadas presentes en la dieta suministrada a bovinos Chino Santandereano en estabulación.

5. Marco Referencial

La mayoría de los compuestos que están en los alimentos se encuentran en forma de macromoléculas insolubles o proteínas, que deben degradarse en compuestos más sencillos, para así mismo ser aprovechados por la absorción del tracto gastrointestinal e integrarse a la sangre y así cumplir con sus requerimientos (McDonald *et al.*, 2006), evaluados así por su calidad y fracción molecular, ya que en los rumiantes la base para la digestión son los microorganismos del rumen y son muy importantes ya que a partir de allí, radica la degradación de fibras provenientes de las especies forrajeras (Brautigan, 2007). Así mismo esto será reflejado en el consumo que tenga el animal y la digestibilidad del alimento; que puede ser determinada por diferentes métodos.

5.1 Proteína bruta (PB) y Fraccionamiento

La proteína bruta (PB) o cruda (PC) de un alimento normalmente representa todos los compuestos nitrogenados presentes en el alimento, independiente de la naturaleza de los compuestos nitrogenados, al interior de la PB existen componentes que repercuten en la digestibilidad y/o aprovechamiento de esta; la concentración de cada uno de los componentes dentro de la proteína determina su calidad. La calidad está basada en la capacidad de aprovechamiento por parte de los microorganismos ruminales, siendo así, la proteína bruta puede ser clasificada o fraccionada. Esta fracción está comprendida tanto por la proteína verdadera como por el nitrógeno no proteico (aminoácidos libres, ácidos nucleicos, aminos, amidas, etc.). Es muy importante comprender que al estimar esta fracción se evalúan diferentes fuentes proteicas y a decir verdad no se conoce con precisión que porcentaje corresponde a cada una de ellas. Para su estimación se determina el contenido de nitrógeno de la muestra por el método Kjeldahl y posteriormente se lo multiplica por 6,25. Este valor surge del hecho que las proteínas contienen en promedio 16% de nitrógeno ($100/16 = 6,25$) (Grupo UCO-6., 2019)

Conocer el metabolismo de las proteínas en los rumiantes es muy importante ya que permite la caracterización de las diferentes fracciones que la proteína presenta, ya sea en una especie forrajera y/o suplemento que cuentan con un valor agregado, ya que también pueden incrementar el consumo voluntario, donde su incremento es limitado por la capacidad del retículo-rumen y por la velocidad de desaparición, tasa de pasaje y/o absorción de nutrientes, que a su vez depende de las características físico-químicas del forraje o suplemento, y de los mecanismos fisiológicos que llevan a cumplir con sus requerimientos. (Clark & Armentano, 1997). Es muy importante conocer la composición de la proteína ya que esta información específica el contenido disponible, desde altamente soluble hasta insolubles, en la (tabla 1) se observa la fracción y composición de la proteína.

Tabla 1. Fracción y composición de la proteína

Fracción	Abr.	Estimación o definición	Degradación Enzimática	Clasificación	Digestibilidad
Nitrógeno no Proteico	NNP	No precipita	No aplicable	A	Altamente digestible
Proteína Verdadera	PV	Precipitable con ATA (ácido tricloroacético), o ácido tunguístico	Rápida	B	Digestible
Proteína Verdadera altamente digestible	PVad	Precipitación en soluciones buffer (PV-PIDN)	Rápida	B1	
Proteína insoluble en detergente neutro	PIDN	Consecutivo a FDN (fibra detergente neutro)	Variable	B2	medianamente digestible
Proteína verdadera de lenta digestibilidad	PVLD	Consecutivo a FDA (fibra detergente neutro)	Variable y lenta	B3	lenta digestibilidad
Proteína Insoluble en detergente ácido		PIDA	Insoluble	C	indigestible

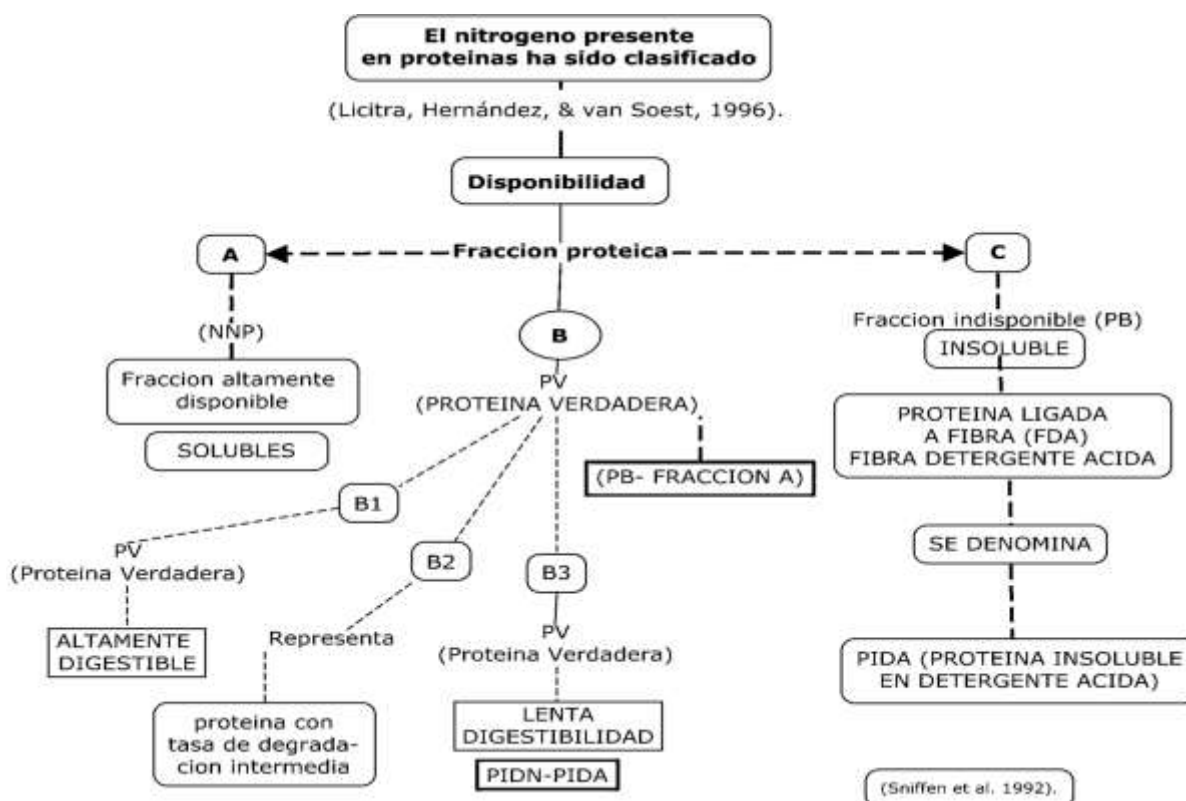
Fuente: Adaptado por Autor (2020), tomado de (Licitra *et al.*,1996).

El sistema de predicción desarrollado por la Universidad de Cornell Net Carbohydrate and Protein System, (CNCPS); validado por (Russell *et al.*, 1992) define diferentes tipos de fracciones, fracción A es la que comprende y está compuesta principalmente por el NNP (nitrógeno no proteico) transformado rápidamente en amonio a nivel ruminal y reciclado por la saliva y las paredes ruminales en forma de urea metabolizada a nivel hepático, y se estima en un 15% del nitrógeno siendo esta fracción incluida dentro de las proteínas solubles. Los niveles de amoniaco liberados en esta fracción A son absorbidos a la sangre, conducido al hígado en donde se forma urea, la cual puede reciclarse o eliminarse mediante la orina, cuando la urea se recicla es más eficiente para dietas disponibles con bajos niveles de proteína, permitiendo aumentar los niveles de nitrógeno amoniacal y así mismo un crecimiento microbiano. El sistema de Cornell (CNCPS) cuantifica la proteína verdadera soluble e insoluble y se definen por diferentes fracciones; la fracción B1, donde esta fracción está compuesta por la proteína verdadera insoluble y solubles la cual se utiliza en el rumen e intestino delgado, el restante lo denomina fracción B2 ya que es completamente digerida y aprovechable en el intestino, pero siendo así una proteína de baja solubilidad. Las fracciones que se degradan en el rumen son productoras de amonio (NAR), esta cantidad de amonio principalmente permite una digestión más elevada en el rumen y a la vez promueve el crecimiento de microorganismos, esto va reflejado según el tipo de forraje o dieta; los niveles críticos que se reportan según la literatura son desde 9,2 mg NAR/dL de nitrógeno amoniacal/litro de líquido ruminal, por lo tanto es de mucha importancia que estos niveles permanezcan en el rumen. (Obispo, 2005).

La fracción B3 o proteínas de paso son las proteínas de lenta digestibilidad y de menor tasa de pasaje para el aprovechamiento de los nutrientes del forraje o suplemento, y por último el sistema comprende la Fracción C, donde considera el nitrógeno verdadero ligado a la fibra en detergente ácido o NIDA no aprovechable por los rumiantes en lignocelulosa o

lignocarbhidratos (Chamorro *et al.*, 1999),(Krishnamoorthy *et al.*, 1982) En la (figura 1) se comprende el fraccionamiento de proteína, con sus principales características.

Figura 1. Fraccionamiento de la proteína



Fuente: Autor (2020)

5.3 Nitrógeno no proteico (NNP)

El forraje contiene compuestos nitrógenos de origen proteico y no proteico, que pueden variar dependiendo el estado de corte o madurez de la planta, en el caso de los forrajes de baja calidad; que contienen mayor fibra y poca proteína, el contenido total de nitrógeno no siempre será útil a nivel digestivo, ya que este se encuentra ligado a la pared celular indigestible, o denominada fracción C (Church, 1979). El nitrógeno no proteico (NNP) es fuente de nitrógeno alta y rápidamente fermentables a nivel ruminal y utilizables por las bacterias ruminales para la síntesis de proteína microbiana. El NNP permite que el nitrógeno sea constante a nivel ruminal, de esta manera hace que las bacterias a medida que liberen carbohidratos de la fibra

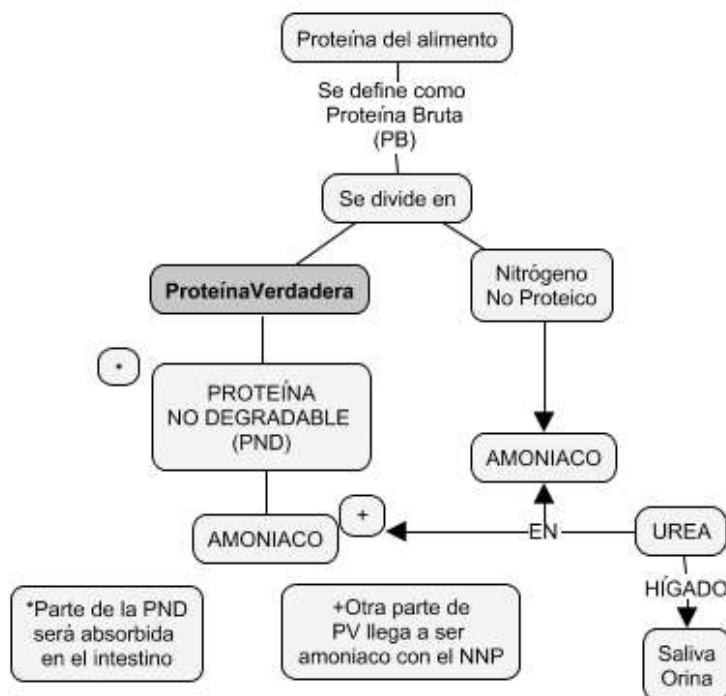
encuentren nitrógeno disponible para generar más proteína microbiana. El nitrógeno no proteico por su alta solubilidad puede ser considerado como componente de alta calidad entre los demás compuestos que hacen parte de la proteína bruta (PB), entre tanto, para un adecuado aprovechamiento por parte de las bacterias se hace necesario la presencia en la dieta de fuentes energéticas con igual característica soluble (McDonald, P., R. A. Edwards, 1999).

Las fuentes de nitrógeno no proteico (NNP) como la urea son utilizadas frecuentemente en piensos o dietas para cubrir los requerimientos de nitrógeno o producción de amonio a nivel ruminal, sin embargo para el uso de esta, se deben tener en cuenta niveles de inclusión que no generen intoxicación amonio (saturación hepática, con incapacidad de transformar el amino (toxico en sangre) en urea (no toxica en sangre)) e incluso la muerte del animal (Ørskov, 1992)

5.4 Proteína Verdadera (PV) (Fracción B)

Proteína verdadera puede ser definida como aquella que está compuesta por enlaces nitrogenados de origen proteico, diferenciándola de la proteína bruta por la exclusión de compuestos nitrogenados de origen no proteico. Esta fracción es de calidad media debido a que parte de esta puede encontrarse ligada a fibra, disminuyendo su digestibilidad y/o aprovechamiento por parte de los microorganismos del rumen. Para determinar la calidad real de la proteína verdadera es necesario cuantificar que cantidad se encuentra adherida a fibra (PIDN y PIDA) y cual no (PVad). Cuanto menor la PIDN y PIDA mayor será la calidad de la PV. En esta fracción se debe tener en cuenta que está compuesta por 3, B1; B2; B3, donde B1, alta digestibilidad, B2, intermedia digestibilidad y B3, lenta digestibilidad. El análisis de la proteína cruda no identifica si se trata de un nitrógeno con origen exacto, por lo tanto, introducirá un error mayor en el valor de proteína verdadera. (McDonald, 1999). Así mismo se identifican los componentes de la proteína bruta de un alimento como se observa en la (figura 2).

Figura 2. Proteína verdadera (PV) y nitrógeno no proteico (NNP)



Fuente: Autor (2020)

5.5 Proteína insoluble detergente ácido (PIDA) fracción C y detergente neutro (PIDN) fracción B2

La PIDA también corresponden con un tipo de fracción C del Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS), que es considerada como no degradable ya que contiene proteínas asociadas con lignina y taninos (Sniffen *et al.*, 1992b). La proteína asociada con la fibra detergente neutro (FDN) es normalmente proteína ligada a la pared celular que también incluye la proteína indigestible encontrada en el residuo ácido detergente. Considerando la parametrización química de la nutrición proteica, se define que las evaluaciones de los alimentos deben ser centradas por la cuantificación de las concentraciones en proporciones de los aminoácidos y principalmente los aminoácidos esenciales para los animales. Este

parámetro también es conocido como NIDA (Nitrógeno insoluble en detergente ácido), o NIDN (nitrógeno insoluble en detergente neutro), y son la fracción proteica que permanece adherida a la fibra luego del lavado con detergente ácido y/o neutro. Es una determinación de suma utilidad porque permite estimar la disponibilidad de la proteína para el animal (Sniffen *et al.*, 1992b).

5.6 Consumo

La cantidad de materia seca y de proteína de un forraje consumidos es el factor más importante que regula la producción de un rumiante a partir de la calidad del forraje. Según Bárcenas, (2002) el desempeño de animales en pastoreo depende del valor del forraje, la cantidad consumida y la composición química. El consumo voluntario de alimento se define como la cantidad consumida cada día, cuando se les ofrece alimento *at libitum* (Nikkhah, 2011). Los ruminantes son animales capaces de utilizar una gran variedad de fuentes nitrogenadas, gracias a la simbiosis entre microorganismos del rumen, debido a esto (Van Soest, 1994) señala que el consumo y la interacción de los microorganismos dependen del volumen estructural, y por lo tanto el contenido de estructura celular en el forraje. Según Allison (1985) la fracción del forraje fermentable rápidamente no ocupa un espacio prolongado en el rumen y el retículo en comparación con los componentes estructurales o paredes celulares (Celulosa, hemicelulosa y lignina) y también el efecto de la calidad de la dieta sobre el consumo, es un factor nutricional primario que limita el consumo y el contenido de nitrógeno presente en la dieta, esto indica que en dietas con forrajes que contienen menos de 8% de proteína cruda, el consumo es limitado aparentemente por no generar suficiente nitrógeno amoniacal ruminal para el crecimiento microbiana, ocasionando menor digestibilidad, mayor tiempo de retención de alimentos en el espacio retículo ruminal y por ende reducción en la ingestión. Si los valores de proteína son excesivos, el consumo es afectado probablemente por otros factores metabólicos. Al probar diferentes niveles y fuentes de proteína en la dieta de

bovinos no se encontró diferencias significativas entre tratamientos en el consumo voluntario de alimento. (Allison, 1985)

Según E. H. Torres & Murillo Ortiz, (2012) los mecanismos por el cual el consumo es regulado en los alimentos no están definidos, pero un grupo de péptidos que se encuentran en el TG (tracto gastrointestinal) son utilizadas para regular el consumo; entre ellos la CCK (colecistoquinina) secretada en el duodeno tras el consumo a corto plazo. Entre estas hormonas, otro péptido que regula el consumo es la leptina, lo cual genera la sensación de saciedad a largo plazo y se ve relacionado con el aumento de la CCK, estas dos están relacionadas (leptina y CCK) dando como resultado un control óptimo del consumo a corto plazo.

5.7 Digestibilidad

La digestibilidad o sus coeficientes se determinan en varios estudios sobre la nutrición de los animales, que hace referencia a la fracción del alimento consumido que no se verá reflejado en las heces y por lo tanto desaparece durante su paso en el tracto gastrointestinal (Navarro *et al.*, 2017). Así mismo, hay un proceso de absorción que interviene en la determinación del valor nutritivo, para eso se realizan pruebas de digestibilidad que permiten y tiene como propósito ser cuantificables para determinar la calidad de un forraje o dieta, la disponibilidad de los diferentes nutrientes que la constituyen y que son importantes para el mantenimiento y/o producción del animal, cumpliendo con sus requerimientos nutricionales y en últimas para estudios experimentales. Según McDonald, P., & Edwards, (1999) define que la digestibilidad de un alimento se ve reflejada en la proporción del alimento que no es excretado en las heces y así el resto ha sido absorbido. De acuerdo con la digestibilidad en la alimentación de los animales, se desarrollan varias metodologías para evaluar una dieta, forraje o materia prima particular y su efecto en el desempeño (Osorio-Carmona *et al.*, 2012). La digestibilidad puede ser medida de diferentes maneras dependiendo de la utilización o no de

animales y de la porción del tracto digestivo donde se pretenda evaluar, en *in vivo*, *in vitro* e *in situ*.

5.7.1 Método *in vivo*

Este método descrito por Cerda, D.A.; *et al* (1986) es uno de los mejores, ya que estima de manera más exacta la digestibilidad de un determinado componente nutricional. Este método a diferencia de los otros determina la digestibilidad total (paso del alimento por todas las porciones del sistema digestivo) y se basa en la determinación directa o indirecta de la cantidad de nutrientes ingeridos y excretados.

Método directo

Para animales mantenidos en sistemas estabulados o jaulas metabólicas el consumo es determinado por la diferencia entre la cantidad ofertada menos las sobras; mientras que la excreción se determina por colecta total de heces (CTH) durante 24 horas. (Mc Donald., 1986, citado por Cañas, R., 1995 y Church, D.C., 1974) coinciden en que debe existir un periodo preliminar en el cual el animal se adapta al alimento que se está suministrando y así mismo que se elimine por el tracto digestivo del resto de alimentos anteriores.

Método con indicadores

Cuando los animales se encuentran en sistemas de pastoreo, existe imposibilidad de determinar el consumo de forraje y la excreción de manera directa, siendo así, indicadores externos como óxido de cromo y dióxido de titanio, e internos como la fibra detergente neutro indigestible (FDNi) son utilizados para estimar de la manera más acertada posible el consumo y la excreción (Cañas, R., 1995). En este caso es posible calcular la digestibilidad si el alimento contiene alguna sustancia que sea totalmente indigestible, controlando así la concentración en

el alimento y en pequeñas muestras de heces. Indicadores naturales (internos) son materias no digeribles que por lo general comprenden sustancias de lignina, sílice, ceniza insoluble en ácidos entre otros, y todo lo contrario con los indicadores externos, que son materias que se añaden a la dieta en cantidades conocidas, que, al no ser digerible, serán cuantificadas en las heces, los más utilizados son: colorantes, óxido férrico (Fe_2O_3), óxido crómico (Cr_2O_3), tierras raras y algunos elementos hidrosolubles. Para el uso de estos indicadores es recomendable utilizar sustancias inertes que carecen de efectos tóxicos y muy importante no deben influir sobre la microflora del tracto gastrointestinal. (Church, D. C., 1974) (McDonald, 1999) (Cañas, R., 1995).

Según Henderson *et al.*, (2015) el uso de indicadores como óxido de cromo presenta antecedentes en la eficiencia del marcador externo, pero es una gran metodología para estimar la digestibilidad *in vivo*.

5.7.2 Método *in vitro*

En este método se logra simular el proceso natural de digestión en laboratorios. El método de digestibilidad *in vitro* principalmente tiene como objetivo simular las condiciones del rumen, con el fin de asimilar las condiciones naturales que ocurren en el rumiante al fermentarse una muestra del alimento de composición conocida en una cantidad determinada de líquido ruminal y posterior a un periodo de incubación, se decanta la muestra y obtiene por diferencia la degradabilidad de la materia seca, estos resultados deben ser corregidos con respecto a la digestibilidad *in vivo* ya que es seguida de la digestión enzimática en abomaso e intestinos (IICA., 1992). Después de un determinado tiempo se mide la cantidad de materia seca (MS), materia orgánica o celulosa que ha desaparecido durante el tiempo de incubación, esta porción desaparecida se le denomina digestibilidad *in vitro* (V. Soest, 1964).

5.7.3 Método *in situ*


Este método es una alternativa que se utiliza bajo las condiciones *in vivo*, entre tanto, con animales canulados en una o más porciones del sistema digestivo. Este método de la bolsa de nylon o *in situ*, la muestra es incubada directamente en la porción del sistema digestivo objeto de estudio, y retirada en la porción siguiente. El éxito de la técnica es determinado por los diferentes factores que presenta el método, como el material de la bolsa, el tratamiento, preparación y tamaño de la muestra. Los valores obtenidos en esta metodología deberían ser cercanos a la digestibilidad aparente (DAP). También se considera una técnica simple que no requiere de gran infraestructura y permite el estudio de varias muestras. Es uno de los métodos más utilizados a nivel mundial para el estudio de varios suplementos y demás constituyentes, con la opción de analizar otros factores de la tasa de digestibilidad (Orskov, E.R, & Howell, 1980).

6. Materiales y Métodos

6.1 Localización

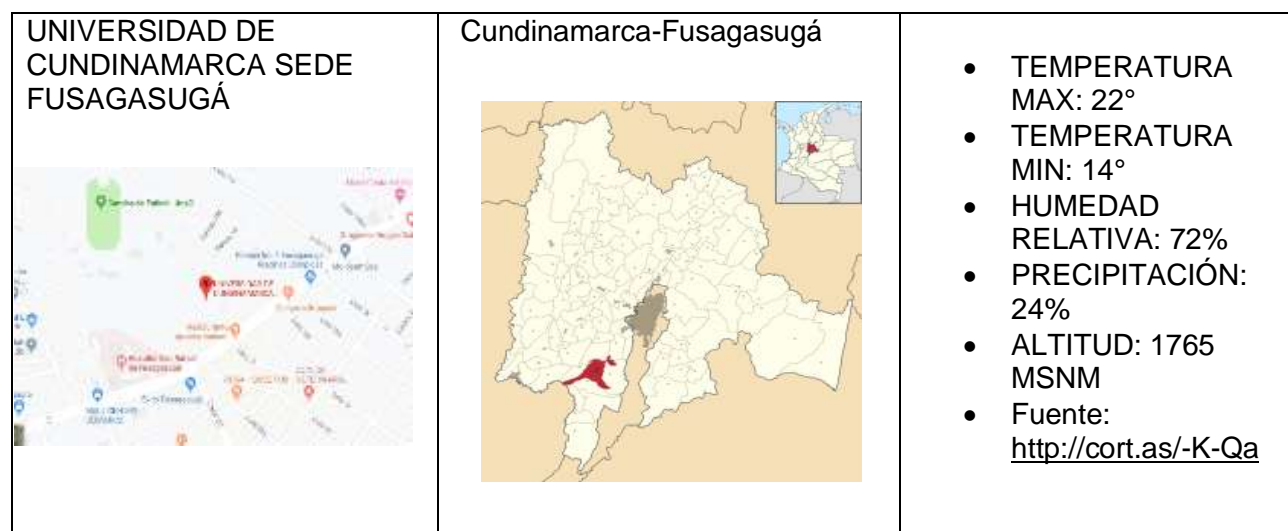
Las muestras utilizadas en el presente trabajo, para los respectivos análisis de laboratorio, fueron tomadas de una investigación previa realizada en la estación agropecuaria Santa Lucia del Instituto Universitario de la Paz ubicado en la ciudad de Barrancabermeja – Santander, cuyo objetivo principal fue evaluar el desempeño productivo de bovinos Chino Santandereano, cuando los animales estuvieron sometidos a diferentes grados de suplementación (no suplementados, alimentados con heno *Brachearía humidicola* (Rendle) Schweick. (Poaceae), BAJO, animales suplementados con el 0.5% del peso vivo, MEDIO, animales suplementados con el 1.0% del peso vivo y ALTO, 1.5% del peso vivo en la (figura 3), se puede observar la geo referencia del instituto y sus características.

Figura 3. Estación agraria Santa Lucia- Barrancabermeja Santander

<p>-Estación Agraria Santa Lucia. Barrancabermeja-Santander</p> <ul style="list-style-type: none"> • TEMPERATURA MAX: $\pm 28^{\circ}$ • TEMPERATURA MIN: $\pm 19^{\circ}$ • HUMEDAD RELATIVA: 77% • ALTITUD: 75m.s.n.m. 	 <p>UNIPAZ Centro Investigaciones Santa Lucia 4.7 ★★★★★ (1) Universidad pública · 8W 7 1y 17 min</p>
--	--

Por otra parte, el análisis de las muestras fue realizado en el Laboratorio de Nutrición animal de la Universidad de Cundinamarca ubicado en la ciudad de Fusagasugá – Cundinamarca, en la (figura 4) se observa la geo-referencia y ubicación del laboratorio.

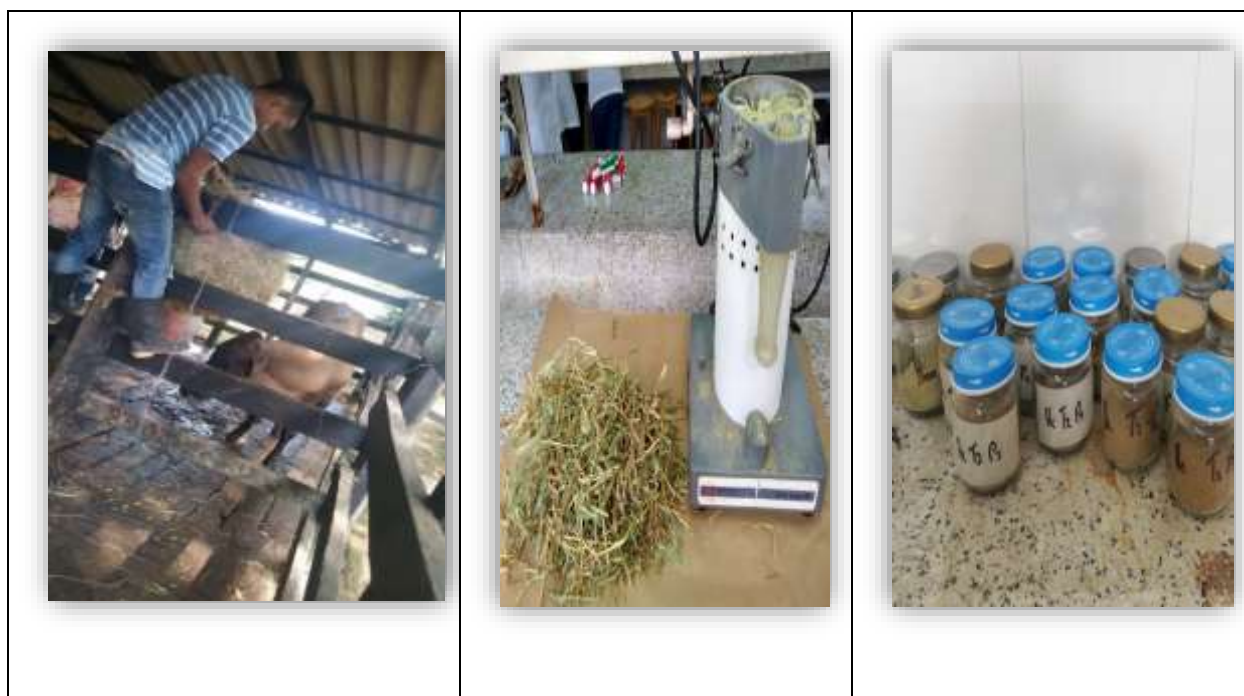
Figura 4. Ubicación Laboratorio de Nutrición- Universidad de Cundinamarca, Fusagasugá



6.2 Unidades experimentales

En la presente investigación fueron utilizadas muestras provenientes de materias primas ofertadas a 16 animales de la raza Chino Santandereano, en Barrancabermeja (Santander) dichas muestras de heno fueron enviadas en sobres de papel, y las dietas se almacenaron en envases rotulados que permiten un mejor transporte, las muestras fueron enviadas vía terrestre desde Barrancabermeja-Santander; con destino a Fusagasugá Cundinamarca. Al momento de recibir las muestras, el heno fue sometido a un pre secado y secado, que posterior a eso se realizó una molienda para ser sometidas a análisis químicos, en la (figura 5) se ilustran, los animales utilizados en la investigación consecutiva y las muestras que fueron sometidas a diferentes análisis de laboratorio.

Figura 5. Unidades Experimentales



Fuente: Yeison Robles y Autor (2019)

En la investigación previa se realizó un delineamiento completamente al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento, siendo: NS: no suplementados; BAJO: suplementados con cantidades relativas al 0,5% del peso vivo; MEDIO: suplementados con cantidades relativas al 1,0% del peso vivo; ALTO: suplementados con cantidades relativas al 1,5% del peso vivo. La dieta suplementar ofertada estuvo compuesta por soya (34,34%), torta de palmiste (10%), maíz molido (27,33%) y salvado de arroz (27,33%), formulada para aportar el 20% de PB en la materia seca. Además del suplemento, todos los animales independientemente del tratamiento recibieron heno de *Baccharia humidicola* (Rendle) Schweick. (Poaceae) y sal mineralizada *ad libitum*, en la siguiente (tabla 2) se puede observar la composición nutricional de la dieta que suministro.

Tabla 2. Composición de la dieta suministrada a bovinos Chino Santandereano en estabulación

Ítems	Tratamientos			
	NS ¹	B ²	M ³	A ⁴
Suplemento ⁵	—	0.5	1.0	1.5
Heno ⁶	<i>ad libitum</i>	<i>ad libitum</i>	<i>ad libitum</i>	<i>ad libitum</i>
Sal mineralizada	<i>ad libitum</i>	<i>ad libitum</i>	<i>ad libitum</i>	<i>ad libitum</i>

¹ NS: no suplementados, ²BAJO: suplementados con cantidades relativas al 0.5% del peso vivo, ³MEDIO: suplementados con cantidades relativas al 1.0% del peso vivo, ⁴ALTO: suplementados con cantidades relativas al 1.5% del peso vivo, ⁵ La dieta a suplementar: Soya (34.34%), torta de palmiste (10%), maíz molido (27.33%), ⁶ Heno *Brachearia humidicola* (Rendle) Schweick. (Poaceae)

6.3 Procedimientos experimentales

6.3.1 En campo

La parte de campo previa a la investigación tuvo duración de 101 días correspondientes a cuatro periodos de 25 días, siendo el primer periodo de 26 días. Los primeros 22 días de cada periodo experimental fueron destinados a adaptación de los animales a la dieta total, y los tres días restantes, destinados a la colecta de muestras de heno, suplemento y heces, donde los animales fueron seleccionados por un diseño completamente al azar (DCA) siendo los tratamientos NS, BAJO, MEDIO y ALTO, con 4 tratamientos y 16 repeticiones. En la (figura 6) se evidencia el consumo de heno y suplemento que fue determinado de manera diaria durante los 25 días de cada periodo experimental, por la diferencia entre la cantidad ofertada y las sobras presentes en los comederos 24 horas posteriores a la oferta de cada uno. El heno y suplemento utilizados en la previa investigación dieron origen para los estudios de esta investigación.

Figura 6. Consumo de heno y suplemento.



Fuente: Yeisson Robles (2019)

Para la determinación de cada variable de consumo y digestibilidad se utilizaron las siguientes ecuaciones:

Consumo de proteína fue determinado utilizando la siguiente ecuación (E1).

$$CPB = ((CMSH \times \%PBH) + (CMSS \times \%PBS)) \dots\dots\dots (E1)$$

Donde, CMSH: consumo de materia seca de heno; %PBH: concentración de proteína bruta en el heno; CMSS: consumo de materia seca de suplemento; %PBS: concentración de proteína bruta en el suplemento.

El consumo de cada fragmento que se determinó en esta investigación lo que compone la proteína bruta fue determinado utilizando la siguiente ecuación (E2).

$$CY = ((CPBH \times \%YH) + (CPBS \times \%YS)) \dots\dots\dots (E2)$$

Donde, CY: consumo de determinado fragmento que hace parte de la proteína bruta (PV, NNP, PVAD, PIDN, PIDA y PVLD); CPBH: consumo de proteína bruta de heno; %YH: concentración de determinado fragmento en la proteína bruta del heno; CPBS: consumo de proteína bruta de suplemento y %YS: concentración de determinado fragmento en la proteína bruta del suplemento. Para determinar la excreción de heces fue realizado durante los dos últimos días de cada periodo experimental, colecta total de heces tomadas del piso en concreto inmediatamente después de la defecación y determinando la excreción como el promedio del resultado de los dos días de colecta de heces (figura 7).

Figura 7. Colecta de Heces



Fuente: Yeisson Robles (2019)

La excreción proteica fue determinada utilizando la siguiente ecuación (E3).

$$EPB = (CTMSE \times \%PBHC) \dots\dots\dots (E3)$$

Donde, EPB: excreción de proteína bruta; CTMSE: cantidad de materia seca excretada;

%PBHC: concentración de proteína bruta en las heces.

La digestibilidad de la proteína bruta fue calculada utilizando la siguiente ecuación (E4).

$$DPB = ((CPB - EPB) / CPB) \times 100 \dots\dots\dots(E4)$$

Donde: DPB: digestibilidad de la proteína bruta; CPB; Consumo de proteína bruta; EPB: excreción de proteína bruta; CPB: consumo de proteína bruta.

6.3.2 En laboratorio

En laboratorio, las muestras fueron sometidas a diferentes pruebas o análisis químicos, que ayudaron a determinar las concentraciones de las variables de nitrógeno por el método de Kjeldahl, este proceso tuvo una duración de 90 días destinados específicamente a los análisis relacionados al fraccionamiento de la proteína presente en las muestras de heno y suplemento, y cuantificación.

6.4 Análisis Químico

Para los diferentes análisis en base a (Detmann *et al.*, 2014), se tiene en cuenta la siguiente metodología para las muestras de heno, suplemento, fueron analizadas para determinar concentraciones de materia seca (MS) (INCT-CA G-003/1) y proteína bruta (PB) (INCT-CA N-001/1) Adicional, muestras de heno y suplemento fueron analizadas para determinar concentraciones en la PB de nitrógeno no proteico (NNP) proteína verdadera (PV) (INCT-CA N-002/1), proteína insolubles detergente neutro (PIDN) (INCT-CA N-004/1) como consecutivo al análisis de fibra detergente neutro (FDN) (INCT-CA F-002/1), proteína insoluble en detergente acida (PIDA) (INCT-CA N-005/1) como consecutivo al análisis de fibra detergente acido (FDA) (INCT-CA F-004/1)

Proteína verdadera altamente digestible (PVAD) fue determinada utilizando la siguiente ecuación (E5)

$$PVAD = (PB - (PBNNP + PIDN)) \text{ o } (PV - PIDN) \dots\dots\dots (E5)$$

Donde, PVAD: Proteína verdadera altamente digestible, PB: Proteína Bruta, PBNNP: proteína bruta originaria del nitrógeno no proteico, PIDN: Proteína insoluble en detergente neutro, PV: Proteína Verdadera.

PVLD la proteína verdadera de lenta digestibilidad fue determinada utilizando la siguiente ecuación (E6).

$$PVLD = (PIDN - PIDA) \dots\dots\dots (E6)$$

Donde, PVLD: Proteína verdadera de lenta digestibilidad, PIDN: Proteína insoluble en detergente neutro, PIDA: Proteína insoluble en detergente acida, los diferentes análisis químicos se pueden observar en la (tabla 3) en los correspondientes anexos.

6.5 Análisis estadístico

Para todos los procedimientos estadísticos fue utilizado el software R versión 3.6.1. (R Core studio Team, 2019) evaluando la composición nutricional, proteica del heno y suplemento. Los datos se sometieron a pruebas de normalidad (Shapiro-Wilks) y homogeneidad de varianzas (Levene's) para todas variables (SUP vs NS; MEDIO y BAJO vs ALTO y BAJO vs MEDIO se realizó un análisis de varianza por el procedimiento de contrastes ortogonales, para poder comparar grupos de tratamientos , los contrastes ortogonales son una combinación lineal de las diferentes medias lo cual se define por la suma de los productos, y la suma debe ser igual a cero, cada contraste tendrá su grado de libertad y descarte de datos atípicos,

igualmente se realizó una comparación de medias por el Test de Tukey, con valor de significancia de $P \leq 0,05$, utilizando el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + e_{ij}$$

Donde, Y_{ij} : valor observado de las variables de consumo de las fracciones nitrogenadas provenientes de la proteína bruta presente en heno, suplemento y consumo total (PB, PBNNP, PV, PVAD, PIDN, PIDA, PVLD), representación porcentual de cada fragmento nitrogenado en relación con la proteína bruta (PVAD/PB, PV/PB, PBNNP/PB, PIDA/PB, PIDN/PB, PVLD/PB) variando de i: tratamientos (1,...,4) y j: repeticiones (1,...,16) μ : la media, t_i : efecto del tratamiento, e_{ij} : error experimental.

Aparte de las diferencias estadísticas encontradas en el análisis de varianza se decidió aplicar el método estadístico de comparación múltiple por contrastes ortogonales, los cuales se efectuaron de la siguiente manera:

Tabla 3. Variables de los contrastes ortogonales

VARIABLE		VARIABLE
NS	VS	SP
B y M		A
B		M

NS: No suplementados, B: Bajo, M: Medio, SP: Suplementados, A: Alto.

7. Resultados

Tabla 4. Composición de la proteína bruta y fibra presente en heno y suplemento ofertado a bovinos “Chino Santandereano” en estabulación.

PB: proteína bruta; P-NNP: proteína originaria de fuentes nitrogenadas no proteicas; PV: proteína verdadera; PIDN: proteína insoluble en detergente neutro; PVAD: proteína verdadera altamente disponible; PIDA: proteína insoluble en detergente ácido.

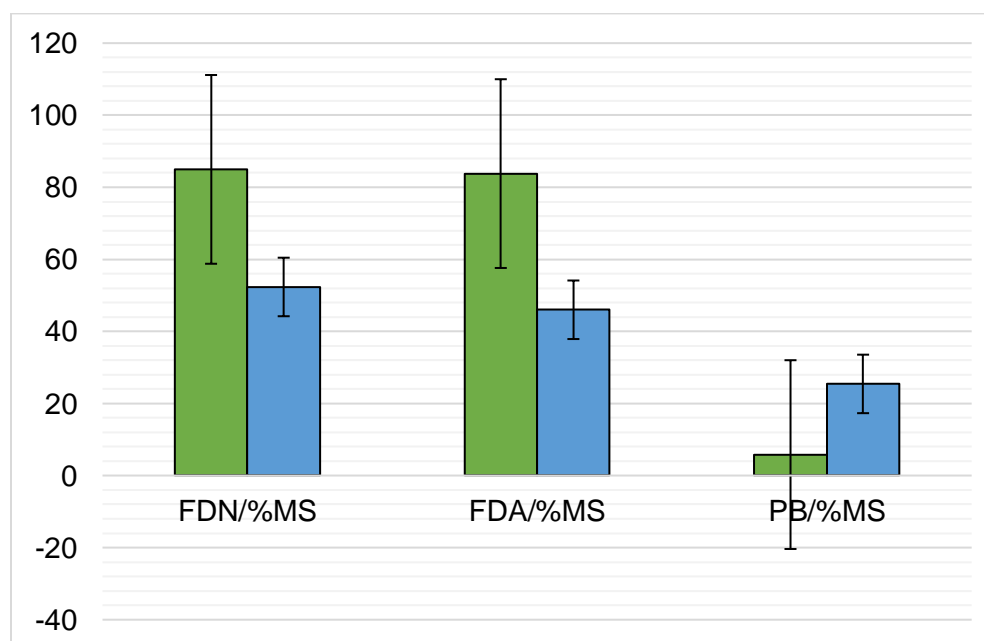
ÍTEMS	HENO				SEM	MEDIA	SUPLEMENTO				SEM	MEDIA	P-value
	P1	P2	P3	P4			P1	P2	P3	P4			
FDN, %MS	85,90	84,26	84,27	85,42	0,990	84.962 ^a	49,09	53,61	55,23	51,37	0,990	52.331 ^b	<0,001
FDA, %MS	83,06	84,16	83,06	84,90	0,992	83.795 ^a	42,55	48,10	48,09	45,27	0,992	46.004 ^b	<0,001
PB, %MS	5,74	5,73	5,77	6,02	0,067	5.815 ^b	22,64	26,40	27,32	25,35	1,013	25.429 ^a	<0,001
PBNNP, %PB	24,86	29,04	29,07	24,42	1,277	26.846 ^a	6,95	2,55	3,99	14,48	2,658	6.996 ^b	<0,001
PV, %PB	75,15	70,96	70,93	75,57	1,277	73.154 ^b	93,05	97,45	96,01	85,52	2,658	93.004 ^a	<0,001
PIDN, %PB	69,17	57,42	61,66	62,19	2,434	62.608	68,54	69,22	63,41	58,32	2,539	64.869	0,544
PVAD, %PB	5,97	13,55	9,27	13,39	3,998	10.546 ^b	24,51	28,23	32,60	27,20	1,681	28.135 ^a	0,027
PIDA, %PB	50,33	52,98	50,52	54,50	1,008	52.082	50,72	38,49	47,60	49,84	2,802	46.666	0,118
PVLD, %PB	18,84	4,44	11,14	7,69	3,942	10.527	17,82	30,73	15,57	8,48	3,942	18.150	0,220
PIDA, %PIDN	72,76	92,28	81,93	87,63	4,201	83.652	74,01	55,61	75,08	85,47	6,206	72.542	0,188

^{a, b, c} letras diferentes denotan diferencia estadística ($P \leq 0,05$)

Heno presentó mayor concentración de FDN y FDA cuando comparado con suplemento ($P < 0,001$). Mayor concentración de proteína bruta ($P < 0,001$), PV fracción B ($P < 0,001$) y PVAD B1 (altamente digestible) ($P = 0,027$) fue encontrada en suplemento en comparación con heno, entre tanto, heno presentó mayor concentración de PBNNP fracción A (altamente soluble) ($P < 0,001$), sin diferencias entre las dos materias primas en cuanto a las concentraciones de PIDN fracción B2 ($P = 0,544$), PIDA fracción C (insoluble) ($P = 0,118$) y PVLD fracción B3 (lenta digestibilidad) ($P = 0,220$) como se identifica en (Tabla 3). Cuando se determinó la concentración que representa PIDA fracción B3 (insoluble) dentro de PIDN, igualmente no se observó diferencia ($P = 0,188$) entre heno y suplemento.

7.1 Composición de la proteína bruta y fibra presente en heno y suplemento suministrado a bovinos “Chino Santandereano” en estabulación

Figura 8. Composición de fibra y proteína bruta



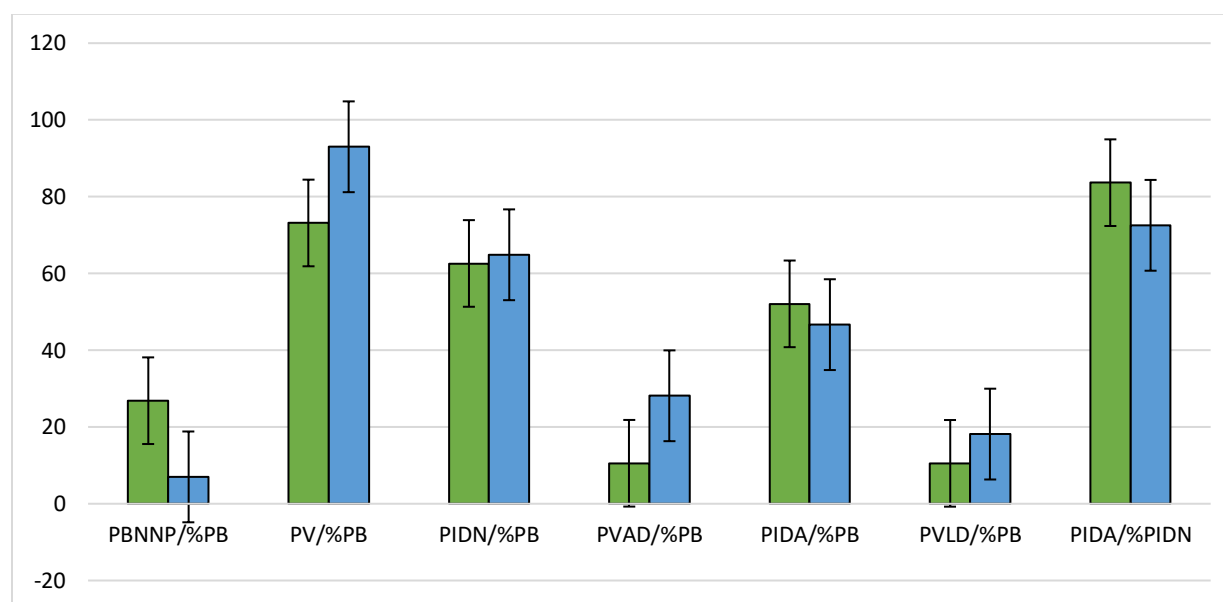
FDN (fibra detergente neutro), %MS (matéria seca), FDA (Fibra detergente acida), PB (proteína bruta)

De acuerdo con la figura 8 se observa el porcentaje de la composición del heno y suplemento, en donde el heno presenta un 84,962% de FDN/%MS, y en suplemento el 52,331% FDN/%MS

y representan principalmente el contenido de fibra (lignina, celulosa y hemicelulosa) en la materia prima, en FDA, el heno represento un 83,795% FDA/%MS y en suplemento 46,004 FDA/%MS para contenido de celulosa y lignina, %PB, el heno compuesto por 5,815%PB/MS% y suplemento 25,429%PB/%MS de contenido de proteína bruta o total de un alimento.

7.2 Fracciones de proteína presente en heno y suplemento suministrado a bovinos “Chino Santandereano” en estabulación

Figura 9. Composición porcentual de las fracciones de heno y suplemento



PB (Proteína bruta), NNP (Nitrógeno no proteico), PV (proteína verdadera), PIDN (proteína insoluble en detergente neutro), PIDA (proteína insoluble en detergente ácido) PVAD (proteína verdadera altamente soluble), PVLD (proteína verdadera de lenta digestibilidad)

La composición porcentual de cada fragmento se puede observar en la (figura 9) donde el porcentaje total de proteína bruta esta fraccionado así: %PBNNP fracción A del heno representa el 26,846 %PBNNP/%PB y suplemento 6,996% PBNNP/%PB, representado el contenido de nitrógeno que puede será aprovechado para la producción de proteína microbiana, %PV fracción B en heno 73,154 PV/%PB y suplemento 93,004 PV/%PB, precipitación del contenido no proteico PIDN/%PB fracción B2 heno 62,608 PIDN/%PB y

suplemento 64,869 PIDN/%PB, contenido de proteína insoluble en detergente neutro PVAD/%PB fracción B1 10,546 en el heno y suplemento 28,135 PVAD/%PB, proteína verdadera altamente digestible, PIDA/%PB fracción C heno 52,082, suplemento 46,666 contenido de proteína insoluble en detergente ácido PVLD/%PB fracción B3 en heno 10,527 y suplemento 18,150 PVLD/&PB y por ultimo PIDN/PIDA fracción B3 en heno representa el 83,652 y suplemento 72,542 %PIDA/PIDN porcentaje de la fracción insoluble.

Tabla 5. Consumo de fragmentos de mediana y alta disponibilidad, que hacen parte de la proteína bruta presente en heno y suplemento ofertado a bovinos “Chino Santandereano” en estabulación.

PB: proteína bruta; PBNNP: proteína bruta oriunda de fuentes nitrogenadas no proteicas; PV: proteína verdadera; PVAD: proteína verdadera altamente disponible; H, S y T: heno, suplemento y total respectivamente. NS: no suplementados; BAJO: recibiendo el 0,5% del peso vivo; MEDIO: recibiendo el 1,0% del peso vivo; ALTO: recibiendo el 1,5% del peso vivo.

ÍTEMS	TRATAMIENTOS				SEM	P value, CONTRASTES		
	NS	BAJO	MEDIO	ALTO		SP vs NS	B y M vs A	B vs M
PB-Heno, g	342.97	362.32	323.13	283.50	34.49	0.491	0.071	0.272
PB-Suplemento, g	0.00	360.79	704.14	1012.85	56.97	<0.001	<0.001	<0.001
PB-Total, g	342.97	723.11	1027.27	1296.34	66.06	<0.001	<0.001	0.001
PBNNP-Heno, g	93.26	97.69	87.40	76.78	14.42	0.622	0.235	0.476
PBNNP-Suplemento, g	0.00	25.73	49.41	73.64	28.04	0.044	0.152	0.387
PBNNP-Total, g	93.26	123.42	136.81	150.42	22.88	0.037	0.328	0.563
PV-Heno, g	249.71	264.62	235.73	206.72	20.84	0.426	0.033	0.189
PV-Suplemento, g	0.00	335.06	654.73	939.21	49.50	<0.001	<0.001	<0.001
PV-Total, g	249.71	599.69	890.46	1145.93	57.58	<0.001	<0.001	<0.001
PVAD-Heno, g	35.49	37.73	34.31	29.88	8.28	0.826	0.448	0.603
PVAD-Suplemento, g	0.00	101.75	198.90	286.92	28.15	<0.001	<0.001	0.007
PVAD-Total, g	35.49	139.48	233.21	316.80	30.83	<0.001	<0.001	0.018

Valores inferiores a 5% ($P \leq 0,05$) denotan diferencia estadística para los contrastes suplementados versus no suplementados (SP vs NS), BAJO y MEDIO vs ALTO (B y M vs A) y BAJO vs MEDIO (B vs M).

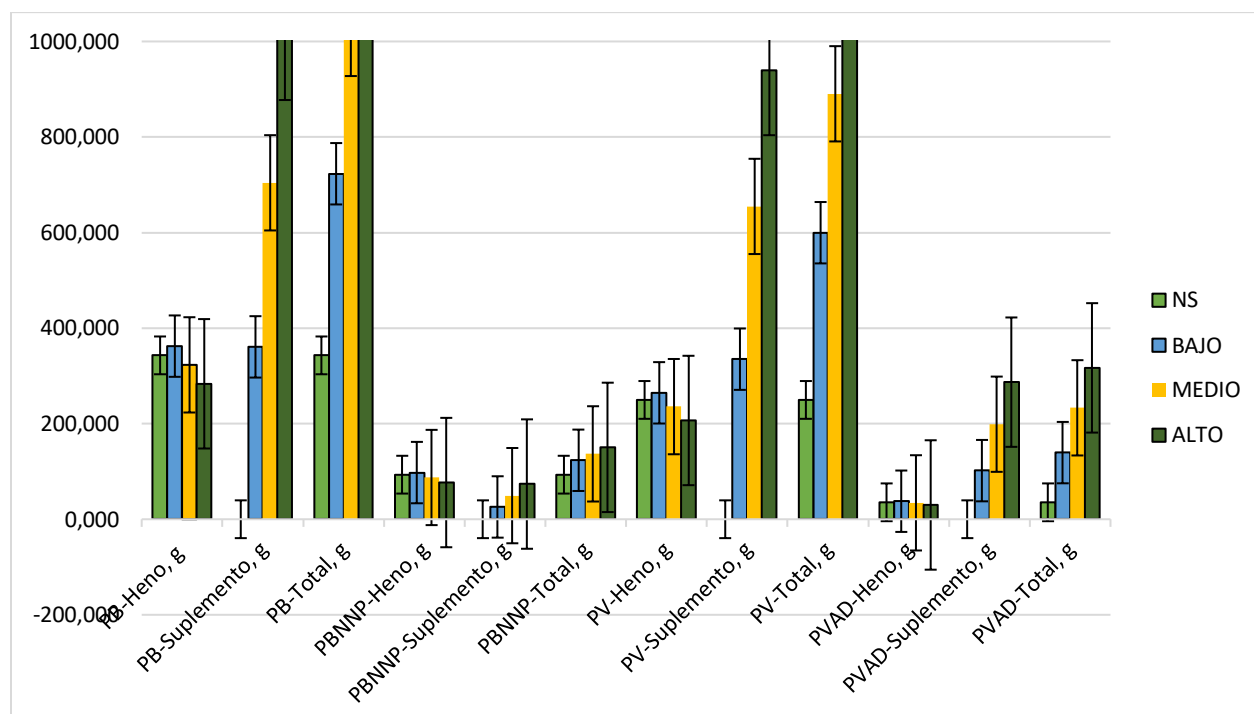
7.3 Consumo de fracciones nitrogenadas de mediana y alta digestibilidad

Para las variables consumo de PB de heno, PBNNP de heno y PVAD de heno, no se observó diferencia entre suplementados y no suplementados como también entre los suplementados ($P > 0,05$), entre tanto, animales de los tratamientos BAJO y MEDIO presentaron mayor consumo de PV de forraje cuando contrastados con ALTO ($P = 0,033$) (Tabla 4).

Diferencia altamente significativa ($P < 0,001$) fue encontrada para las variables consumo de PB en el suplemento, PV en el suplemento y PVAD en suplemento, entre suplementados y no suplementados y entre los suplementados, aumentando el consumo de dichos fragmentos proteicos a medida que aumentó el nivel de suplementación. Animales suplementados presentaron mayor consumo de PBNNP en el suplemento ($P = 0,044$) cuando comparados con no suplementados (Tabla 4).

En relación con las variables consumo de PB y PV total, diferencia altamente significativa ($P < 0,001$) fueron encontradas entre suplementados y no suplementados y entre los suplementados, aumentando el consumo de dichos fragmentos proteicos a medida que aumentó el grado de suplementación. Animales suplementados presentaron mayor consumo de PBNNP total ($P = 0,037$) y PVAD total ($P < 0,001$) cuando comparados con no suplementados, igualmente para esta última variable, se observó diferencia entre los grupos suplementados ($P \leq 0,05$) (Tabla 4).

Figura 10. Consumo de fragmentos de mediana y alta disponibilidad, contrastes NS vs SP, B y M vs A, B vs M.



SP (suplementado), NS (no suplementados), (bajo), M (medio), A (alto), PB (proteína bruta) NNP (Nitrógeno no proteico) PV (proteína verdadera) PVAD (proteína verdadera altamente digestible)

De acuerdo con la figura 10 se observa el consumo de la proteína bruta basado en los contrastes de SP vs NS, B y M vs A y B vs M que representa una diferencia significativa en relación a los diferentes niveles de inclusión de la dieta, en donde A (alto) aportaba el 1.5% del peso vivo, M (medio) 1,0% del peso vivo y B (bajo) el 0,5% del peso vivo, y el consumo de cada fragmento de mediana y alta digestibilidad en la dieta suministrada a bovino Chino Santandereano en estabulación, lo definen las variables de PB, PV fracción B, PVAD fracción B1, del suplemento, siendo las altamente digestibles y que representan un consumo altamente significativo en relación a los que fueron suplementado o no suplementados, y entre los suplementados, aumentando el consumo de dichas fracciones a medida del nivel de inclusión.

Tabla 6. Consumo de fragmentos de lenta y baja disponibilidad e indigestible, que hacen parte de la proteína bruta presente en heno y suplemento ofertado a bovinos “Chino Santandereano” en estabulación

PIDN: proteína insoluble em detergente neutro; PIDA: proteína insoluble en detergente acido; PVLD: representa la diferencia entre PIDN y PIDA; H, S y T: heno, suplemento y total respectivamente. NS: no suplementados; BAJO: recibiendo el 0,5% del peso vivo; MEDIO: recibiendo el 1,0% del peso vivo; ALTO: recibiendo el 1,5% del peso vivo.

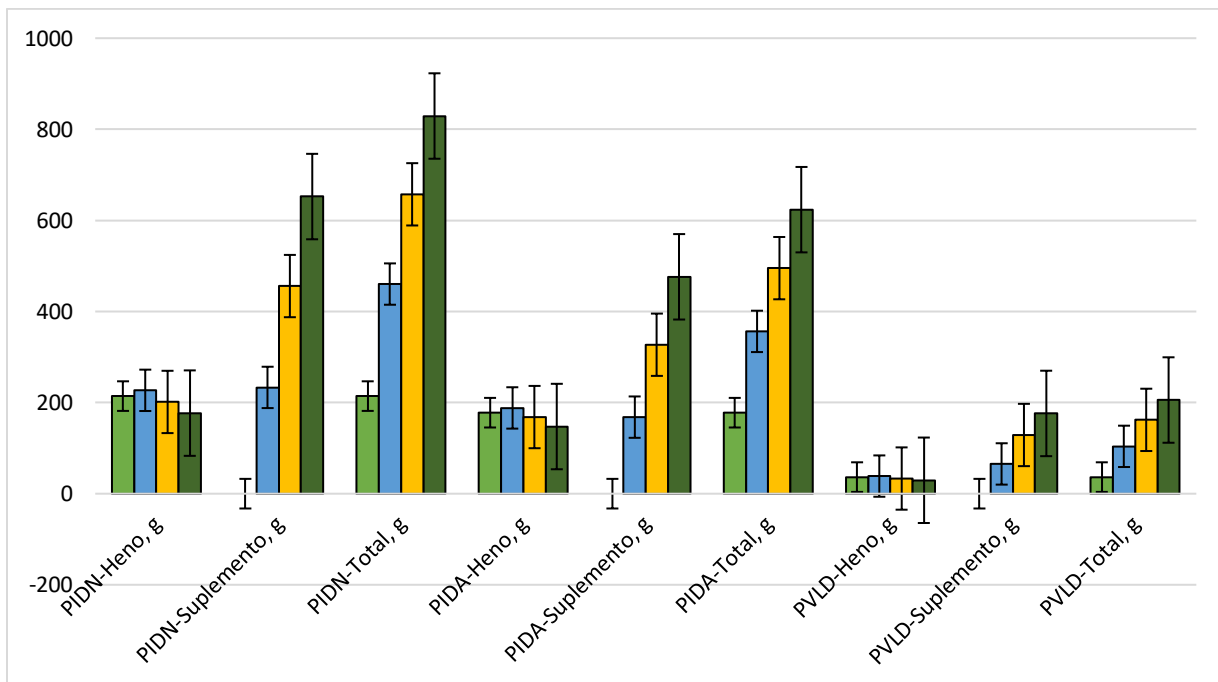
ÍTEMES	TRATAMIENTOS				SEM	P value, CONTRASTES		
	NS	BAJO	MEDIO	ALTO		SP vs NS	B y M vs A	B vs M
PIDN-Heno, g	214,22	226,89	201,42	176,84	21,25	0,484	0,062	0,269
PIDN-Suplemento, g	0,00	233,32	455,83	652,29	26,80	<0,001	<0,001	<0,001
PIDN-Total, g	214,22	460,21	657,25	829,13	34,70	<0,001	<0,001	<0,001
PIDA-Heno, g	177,81	188,27	168,18	147,39	15,83	0,460	0,046	0,213
PIDA-Suplemento, g	0,00	168,04	327,00	476,14	39,80	<0,001	<0,001	0,002
PIDA-Total, g	177,81	356,31	495,18	623,53	39,68	<0,001	<0,001	0,007
PVLD-Heno, g	36,41	38,62	33,24	29,44	14,31	0,825	0,568	0,796
PVLD-Suplemento, g	0,00	65,28	128,83	176,15	37,26	0,001	0,019	0,228
PVLD-Total, g	36,41	103,90	162,07	205,60	36,32	0,001	0,025	0,253

Valores inferiores a 5% ($P \leq 0,05$) denotan diferencia estadística para los contrastes suplementados versus no suplementados (SP vs NS), BAJO y MEDIO vs ALTO (B y M vs A) y BAJO vs MEDIO

7.4 Consumo de fracciones nitrogenadas de baja, lenta y nula digestibilidad

Para el consumo de los fragmentos proteicos de baja y lenta disponibilidad e indigestible, no fue observada diferencia entre tratamientos en cuanto al consumo de PIDN y PVLD originaria del heno ($P > 0,05$). No fue encontrada diferencia entre animales suplementados y no suplementados, cuanto al consumo de PIDA originaria del forraje ($P = 0,460$), entre tanto, animales del tratamiento ALTO presentaron menor consumo contrastados con MEDIO y BAJO ($P = 0,046$). Para las variables consumo de PIDN, PIDA y PVLD oriunda de suplemento y total, hubo diferencia entre tratamientos ($P < 0,05$), siendo mayor el consumo a medida que aumentó el grado de suplementación, a excepción del contraste entre BAJO y MEDIO para el consumo de PVLD originaria del suplemento y total ($P > 0,05$) (Tabla 5).

Figura 11. Consumo de fragmentos de lenta, baja disponibilidad e indigestibles, contrastes SP vs NP, B y M vs A, B vs M



SP (suplementado), NS (no suplementados), (bajo), M (medio), A (alto), PB (proteína bruta) PIDN (Proteína insoluble en detergente neutro) PIDA (proteína insoluble en detergente acida) PVLD (proteína verdadera lenta digestibilidad)

De acuerdo con la figura 11 se observa cada variable, relacionada con el consumo de los fragmentos nitrogenados de lenta, baja e indisponibles en el heno y suplemento, en PIDN y PVLD no representa una diferencia significativa entre tratamientos, lo que indica que el consumo de dicho fragmento no varía estadísticamente en mediana solubilidad, en cuanto el consumo de PIDA, fracción de lenta digestibilidad no se encontró diferencia entre animales no suplementados vs suplementados, pero será tendencia en el nivel de inclusión, a medida de que aumenta, en suplemento las concentraciones de PIDA serán menores.

7.5 Composición porcentual del consumo de cada fracción en relación con el consumo de proteína bruta y digestibilidad

Al ser medido el porcentaje de participación del consumo de cada fragmento proteico dentro del consumo de proteína bruta, animales suplementados presentaron mayor ($P < 0,001$) concentración de PVAD/PB, PV/PB que los no suplementados, siendo mayor en ALTO ($P < 0,05$) cuando contrastado con MEDIO y BAJO, sin diferencia entre estos dos últimos tratamientos ($P > 0,05$). Animales no suplementados presentaron mayor concentración PBNP/PB ($P < 0,001$) que los suplementados, entre tanto, entre suplementados, BAJO y MEDIO presentaron mayor concentración ($P = 0,012$) cuando contrastado con ALTO (Tabla 6).

No se encontró diferencia ($P > 0,05$) entre animales suplementados y no suplementados y entre los suplementados en relación con la concentración de PIDA/PB, PIDN/PB y PVLD/PB. Animales suplementados presentaron mayor digestibilidad ($P < 0,001$) de la proteína bruta cuando comparados con no suplementados, sin diferencia entre suplementados (Tabla 6).

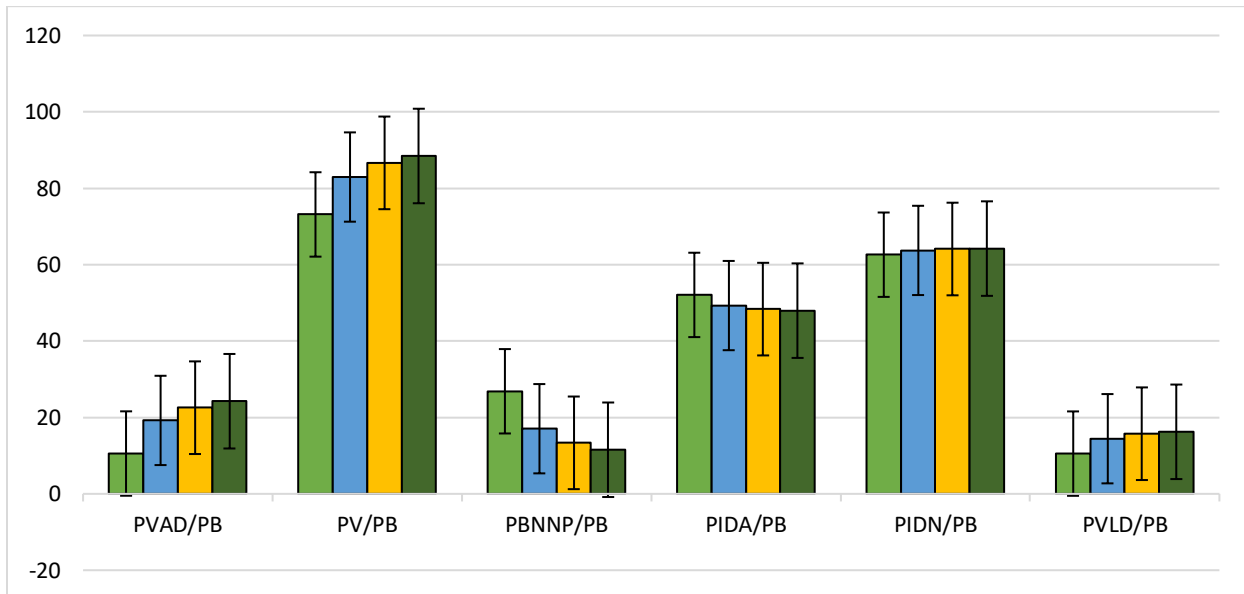
Tabla 7. Representación porcentual del consumo de cada fracción proteica en relación con el consumo de proteína bruta, y digestibilidad de la proteína bruta

%PVAD/PB: representación porcentual del consumo de proteína verdadera altamente disponible, en el consumo de proteína bruta; %PV/PB: representación porcentual del consumo de proteína verdadera, en el consumo de proteína bruta; %PBNNP/PB: representación porcentual del consumo de proteína bruta oriunda de fuentes nitrogenadas no proteicas, en el consumo de proteína bruta; %PIDA/PB: representación porcentual del consumo de proteína insoluble en detergente ácido, en el consumo de proteína bruta; %PIDN/PB: representación porcentual del consumo de proteína insoluble en detergente neutro, en el consumo de proteína bruta; %DPB: porcentaje de digestibilidad de la proteína bruta; NS: no suplementados; BAJO: recibiendo el 0,5% del peso vivo; MEDIO: recibiendo el 1,0% del peso vivo; ALTO: recibiendo el 1,5% del peso vivo.

ÍTEMS	TRATAMIENTOS				SEM	P value, CONTRASTES		
	NS	BAJO	MEDIO	ALTO		SP vs NS	B y M vs A	B vs M
PVAD/PB, %	10,55	19,22	22,55	24,25	2,20	<0,001	0,048	0,453
PV/PB, %	73,15	82,94	86,65	88,45	1,82	<0,001	0,012	0,341
PBNNP/PB, %	26,85	17,05	13,35	11,54	1,82	<0,001	0,012	0,341
PIDA/PB, %	52,08	49,29	48,36	47,96	2,25	0,078	0,573	0,861
PIDN/PB, %	62,61	63,73	64,10	64,21	2,97	0,573	0,871	0,973
PVLD/PB, %	10,53	14,43	15,74	16,24	4,16	0,171	0,673	0,905
<i>Digestibilidad de la proteína bruta</i>								
DPB, %	55,15	69,85	76,10	75,43		<0,001	0,055	0,203

Valores inferiores a 5% ($P \leq 0,05$) denotan diferencia estadística para los contrastes suplementados versus no suplementados (SP vs NS), BAJO y MEDIO vs ALTO (B y M vs A) y BAJO vs MEDIO (B vs M)

Figura 12. Representación porcentual de cada fracción proteica en relación al consumo de proteína bruta

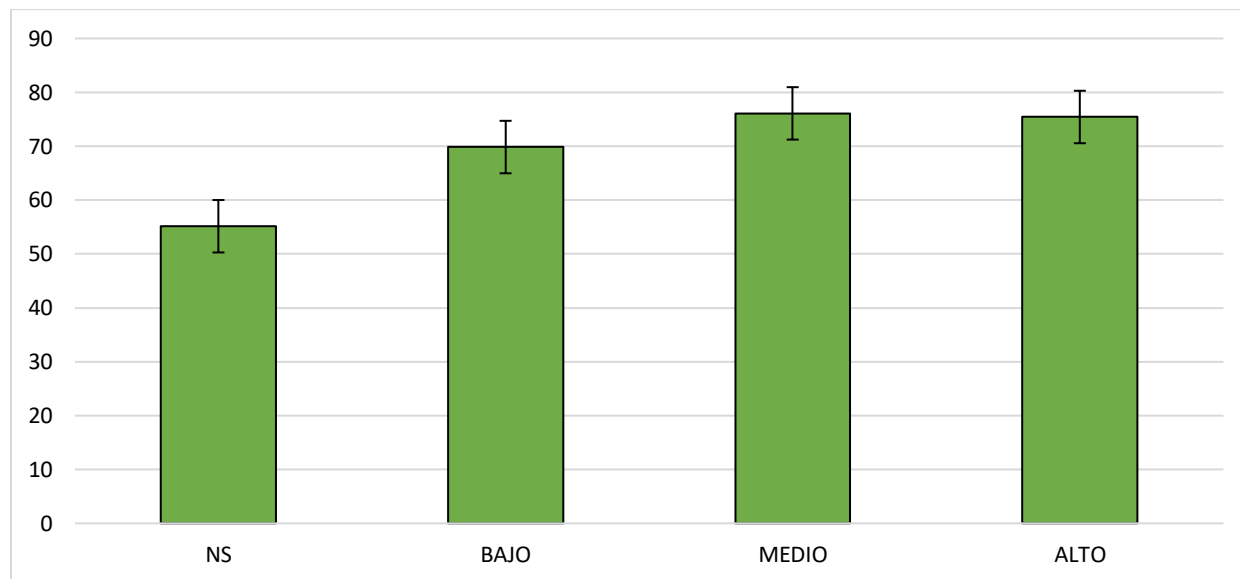


SP (suplementado), NS (no suplementados), (bajo), M (medio), A (alto), PB (proteína bruta) NNP (Nitrógeno no proteico) PV (proteína verdadera) PVAD (proteína verdadera altamente digestible) PIDN (proteína insoluble en detergente neutro) PVLD (proteína verdadera de lenta digestibilidad) PIDA (proteína insoluble en detergente ácido)

En la figura 12 se encuentra la representación porcentual del consumo de cada fracción, lo que indica que en las variables PVAD/PB, PV/PB, PBNNP entre los animales SP vs NS hay una diferencia significativa, ya que los animales suplementados tienen un mejor aprovechamiento de las dichas fracciones de acuerdo con su nivel de suplementación, en cuanto a PIDA estadísticamente no hay una diferencia significativa de los diferentes tratamientos, pero se generan una tendencia, a mayor nivel de inclusión, menor será el consumo de PIDA, pero aumentaría la fracción de las PVLD fracción B3 (proteínas verdaderas de lenta digestibilidad) el consumo de las fracciones en porcentaje lo que identifica animales no suplementados en las fracciones PVAD(10,55%) fracción B1 y PBNNP(26,85) fracción A presentan una diferencia en cuanto a los suplementado PVAD fracción B1 (19,22%)(22,55)(24,55), en comparación los animales suplementados vs no suplementados en la variable de PBNNP/PB fracción A, los NS

presentan mayor contenido de esta variable por la composición del heno, a mayor nivel de inclusión, menos será las concentraciones de PBNNP Proteína bruta ligada a nitrógeno no proteico.

Figura 13. Digestibilidad de la proteína (DPB%) de cada nivel de inclusión.



En la (figura 14) representa la digestibilidad de la proteína bruta lo que indica que los animales con mayor nivel de inclusión de suplemento mejoran el aprovechamiento de la proteína total, pero también se ve reflejado a las fracciones altamente solubles o digestibles, donde animales NS (55,15%) BAJO (69,85%) MEDIO (76,10) y ALTO (75,43) en cuanto los contrastes entre los diferentes tratamientos, presentan diferencia estadística entre los animales no suplementados vs los suplementados.

8. Discusión

La digestibilidad de la proteína bruta de animales suplementados normalmente se encuentra aumentada cuando comparada con animales no suplementados (Marquez et al., 2017), tal evento es explicado comúnmente por la suplementación aportar cantidades de nitrógeno amoniacal ruminal (NAR) superiores en algunos casos a 9,2 mg NAR/dL de líquido ruminal (cantidad proporcionada por dietas con concentraciones de PB de 124 gr/kg de MS) (Detmann *et al.*, 2014), siendo utilizado por los microorganismos ruminales para aumentar en población y así mismo generar aumento en la degradación de las proteínas y demás componentes nutricionales que hacen parte de la dieta, convirtiéndose este proceso en un ciclo constante en animales suplementados. El tratamiento control de esta investigación fue alimentado con heno a concentraciones proteicas de 58,51 gr/kg de MS, comprometiendo la producción de NAR y la digestibilidad de la proteína bruta. Frente a estas situaciones, procesos catabólicos inician la degradación del nitrógeno retenido a nivel corporal, promoviendo movilización de proteínas miofibrilares principalmente, con la finalidad de aportar amonio al ambiente ruminal, acompañado de reducción en la producción animal (Batista *et al.*, 2016), correspondiente con los resultados observados en este estudio con ganancias media diaria oscilando entre -169,23 gr para tratamiento NS, y de 864,62 a 1258,46 gr en animales suplementados (Datos en proceso de publicación).

Frente a este cuestionamiento surgen varias incógnitas, ¿de qué depende que un alimento aporte mayor cantidad de NAR?, ¿porque las pasturas aportan menor cantidad de NAR que la mayoría de los alimentos concentrados? La respuesta tal vez no esté relacionada el efecto “cantidad”, por proporcionar los concentrados mayor aporte de PB, y si con las concentraciones de cada una de las fracciones proteína al interior de la PB. De acuerdo con (Sniffen *et al.*, 1992a) la proteína bruta de un alimento presenta varias fracciones que varían en

digestibilidad, siendo PBNNP y PVAD de digestibilidad elevada, generando mayor cantidad de NAR, y PVLD y PIDA de digestibilidad lenta e indigestibles respectivamente, aportando menor o nula cantidad de NAR. Es posible considerar entonces que, a tasa de pasaje normal, la digestibilidad de la proteína no depende solamente de la población de microorganismos ruminales, como también de la concentración de dichas fracciones nitrogenadas en la proteína bruta, pudiendo encontrar digestibilidades de PB diferentes en animales con igualdad de población ruminal. (Licitra *et al.*, 1996b)

De acuerdo con (Sniffen *et al.*, 1992b) las pasturas y algunos subproductos de la agroindustria presentan concentraciones de PVAD no superiores a 5%/PB, mientras que los concentrados pueden duplicar este valor. Los resultados de esta investigación reportan igualmente una mayor concentración de PVAD en suplemento cuando comparado con heno de *Bachearía humidicola*, entre tanto, nuestras concentraciones en heno y suplemento fueron superiores a las reportadas por (Sniffen *et al.*, 1992) con 10,546%/PB y 28,135%/PB respectivamente.

En la investigación realizada por (Sniffen *et al.*, 1992), gramíneas (*Megathyrus maximus* (Jacq.) y *Cynodon plectostachyus* (K. Schum)) presentaron concentraciones de fracción A+B1, B3 y C de 34%, 27,7% y 7,4% respectivamente, entre tanto, en el presente estudio se observaron concentraciones superiores de fracciones altamente digestibles (A+B1) con 37,392% e indigestibles 52,082%, pero menor concentración de fracción de lenta digestibilidad con 10,527%. Si bien la PIDA representa la proteína ligada a la FDA (Sniffen *et al.*, 1992) (Detmann E *et al.* 2012) elevadas concentraciones de PIDA en el heno pueden ser explicadas por aumentada concentración de FDA en la materia seca de heno, generando a la vez reducción en la concentración de la PVLD, por ser esta, determinada por diferencia entre PIDN y PIDA, siendo la PIDA el 83% de la PIDN y la FDA el 98,62% de la FDN en el heno evaluado en este estudio. (Batista *et al.*, 2016) trabajando con gramíneas de baja calidad

(*Brachiaria decumbens* Stapf) reportaron valores de FDN corregida para cenizas y proteína (FDNcp) de 80,1% en la MS, valores similares a los observados en el presente estudio, con 80,99% de FDN proteína en la MS (es probable que la variación de FDNp para FDNcp no sea elevada, al estar las cenizas aportan bajo grado de contaminación en la FDN). Estos datos son totalmente válidos, al considerar que el heno utilizado provenía de *Baccharia humidicola* en diferimiento, cosechada con edad de rebrote elevada y en estado reproductivo.

Con base en estos resultados es posible afirmar que las concentraciones de las fracciones nitrogenadas al interior de la proteína bruta varían y son dependientes del tipo de gramínea y edad de la planta al momento de la colecta, como ocurre con la concentración de los macronutrientes. (Allison, 1985)

De acuerdo con (Batista et al., 2016) utilizando gramínea con 5% de proteína y 80,1% de FDNcp en la MS (tal vez con grande parte de la proteína adherida a fibra), animales no suplementados presentaron concentraciones máximas de NAR de 5,8 mg/dL cuatro horas post ingestión, y digestibilidad de la proteína bruta de 24,3%, valores inferiores a los observados en animales que recibieron 100% de los requerimientos de proteína degradable en el rumen (PDR) y no degradable en el rumen (PNDR), mostrando concentraciones de NAR de 35,6 mg/dL cuatro horas post ingestión y 81,1% de digestibilidad de la proteína. Con base en lo anterior se afirma que la baja digestibilidad de la PB observada en este estudio en animales no suplementados puede ser explicada por menor consumo de fracciones nitrogenadas altamente digestibles que favorezcan el aporte de NAR (Batista et al., 2016) afectando talvez la población de bacterias fibrolíticas y proteolíticas, al ser los factores dietéticos determinantes de la comunidad de especies microbianas hospedadoras presentes (Henderson *et al.*, 2015); por otro lado, animales suplementados, presentaron no solo aumento en el consumo de fracciones proteicas altamente digestibles como también de lenta digestibilidad. Aumento en el consumo de la fracción PVLD representaría la cantidad de proteína que escapa de la degradación

ruminal y podría generar aumento en la concentración sanguínea de PM, mayor retención de nitrógeno corporal y desempeño productivo (Batista et al., 2016). Aumento en el consumo de PB y todas sus fracciones nitrogenadas en animales suplementados puede ser explicado por la suplementación presentar elevadas concentraciones de estos compuestos nutricionales, o tal vez como reflejo a un posible aumento en la digestibilidad de los componentes fibrosos presentes en la dieta (Lazzarini *et al.*, 2009)

A pesar de la concentración de PBNPP ser mayor en heno que suplemento, la baja digestibilidad de la proteína bruta observada en animales no suplementados a causa de las elevadas concentraciones de FDA en el heno, puede explicar el menor consumo de PBNPP en animales no suplementados en contraste con animales suplementados.

9. Conclusión

Determinar las diferentes fracciones moleculares de la proteína bruta, permite identificar la calidad de esta misma, siendo así se evalúa el aporte de cada fragmento ya sea de alta, lenta e indigestibles en la dieta o forraje suministrado a bovinos Chino Santandereano

El suplemento mejora el aporte de fracciones proteicas altamente digestibles y de lenta digestibilidad a la dieta total suministrada a bovinos Chino Santandereano en estabulación.

La suplementación aumenta el consumo de todas las fracciones nitrogenadas presentes en la proteína bruta. Así mismo, el uso de suplementos proteico-energéticos mejora la digestibilidad de la proteína bruta presente en la dieta total ofertada a bovinos Chino Santandereano en estabulación, por aportar mayor cantidad de fragmentos nitrogenados altamente disponibles y/o aprovechables.

10. Recomendaciones

Se recomienda incluir este tipo de fraccionamientos en análisis de laboratorio rutinarias en investigación en nutrición animal, principalmente cuando se utilizan materias primas alternativas o no convencionales de las cuales existe poca información, igualmente, determinar la concentración de estas fracciones proteicas en alimentos cosechados en diferentes edades de rebrote, según la calidad del forraje que se suministre a los diferentes animales.

En esta investigación se recomienda el uso de suplementos para mejorar la digestibilidad y mejor aprovechamiento de las fracciones de altamente digestibilidad, pero así mismo un consumo de forraje que permite un balance, ya que estos no aportan ciertas fracciones.

11. Referencias Bibliográficas

- Allison, C. D. (1985). Factors Affecting Forage Intake by Range Ruminants: A Review. *Journal of Range Management*, 38(4), 305. <https://doi.org/10.2307/3899409>
- Bárceñas, R. (2002). Consumo Voluntario de Forraje por Rumiantes en Pastoreo. *Acta Universitaria*, 12(2), 48–57.
- Batista, E. D., Detmann, E., Titgemeyer, E. C., Valadares Filho, S. C., Valadares, R. F. D., Prates, L. L., Rennó, L. N., & Paulino, M. F. (2016). Effects of varying ruminally undegradable protein supplementation on forage digestion, nitrogen metabolism, and urea kinetics in Nellore cattle fed low-quality tropical forage¹. *Journal of Animal Science*, 94(1), 201–216. <https://doi.org/10.2527/jas.2015-9493>
- Cañas, R., 1995. (1995). *Alimentación y Nutrición Animal. Colección en Agricultura Facultad de Agronomía Pontificia* (Universidad Católica de Chile (ed.)).
- Cerda, D.A.; Manterola, H.; Sirhab L.; Alwyn, P., 1986. (1986). *Validación y Estudios Comparativos de Métodos Estimadores de la Digestibilidad Aparente de Alimentos para Rumiantes. Avances en Producción Animal N° 11 (1-2);*
- Chamorro, D., Zootecnista, V., & Introduccion, C. (n.d.). *Importancia de la proteína en la nutrición de rumiantes con énfasis en la utilización de proteínas de especies arbóreas.*
- Church, D. C., 1974. (1974). Fisiología Digestiva y Nutrición de los Rumiantes. Fisiología Digestiva. *Editorial Acribia, Vol.1.*
- Church, D. C. y J. P. F. (1979). *Nitrogen metabolism. In: Digestive Physiology and Nutrition of Ruminants. Vol 2. Ed. D.C. Church, O & B. Books, Inc. Oregon.*
- Clark, P. W., & Armentano, L. E. (1997). Influence of Particle Size on the Effectiveness of Beet

Pulp Fiber. *Journal of Dairy Science*, 80(5), 898–904. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76012-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76012-0)

- Detmann, E., Valente, É. E. L., Batista, E. D., & Huhtanen, P. (2014). An evaluation of the performance and efficiency of nitrogen utilization in cattle fed tropical grass pastures with supplementation. *Livestock Science*, 162, 141–153. <https://doi.org/10.1016/J.LIVSCI.2014.01.029>
- Dewhurst, R. J., Moorby, J. M., Dhanoa, M. S., Evans, R. T., & Fisher, W. J. (2000). Effects of altering energy and protein supply to dairy cows during the dry period. 1. Intake, body condition, and milk production. *Journal of Dairy Science*, 83(8), 1782–1794. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75049-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75049-1)
- Henderson, G., Cox, F., Ganesh, S., Jonker, A., Young, W., Janssen, P. H., Abecia, L., Angarita, E., Aravena, P., Arenas, G. N., Ariza, C., Attwood, G. T., Avila, J. M., Avila-Stagno, J., Bannink, A., Barahona, R., Batistotti, M., Bertelsen, M. F., Brown-Kav, A., ... Zunino, P. (2015). Rumen microbial community composition varies with diet and host, but a core microbiome is found across a wide geographical range. *Scientific Reports*, 5(April). <https://doi.org/10.1038/srep14567>
- IICA. (1992). *Red investigación en sistemas prod. animal de latino américa*.
- Krishnamoorthy, U., Muscato, T. V., Sniffen, C. J., & Van Soest, P. J. (1982). Nitrogen Fractions in Selected Feedstuffs. *Journal of Dairy Science*, 65(2), 217–225. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(82\)82180-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(82)82180-2)
- Lazzarini, I., Detmann, E., Sampaio, C. B., Paulino, M. F., Valadares Filho, S. de C., Souza, M. A. de, & Oliveira, F. A. (2009). Intake and digestibility in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38(10), 2021–2030. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009001000024>
- Licitra, G., Hernandez, T. M., & Van Soest, P. J. (1996a). Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. In *Animal Feed Science Technology* (Vol. 57).
- Licitra, G., Hernandez, T. M., & Van Soest, P. J. (1996b). Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*, 57(4), 347–358. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(95\)00837-3](https://doi.org/10.1016/0377-8401(95)00837-3)
- Marquez, D. C., Paulino, M. F., Rennó, L. N., Villadiego, F. C., Ortega, R. M., Moreno, D. S., Martins, L. S., de Almeida, D. M., Gionbelli, M. P., Manso, M. R., Melo, L. P., Moura, F. H., & Duarte, M. S. (2017). Supplementation of grazing beef cows during gestation as a strategy to improve skeletal muscle development of the offspring. *Animal*, 11(12), 2184–2192. <https://doi.org/10.1017/S1751731117000982>
- Mc Donald. (1986). A study of the artificial fiber bag technique for determining the degestibility of feeds in the rumen. *Journal of Agricultural Science Cambridge* 8.
- McDonald, P., R. A. Edwards, J. F. D. G. y C. A. M. (1999). *Nutrición Animal. Quinta edición. Editorial Acribia*. (Quinta edición (ed.)).
- Navarro, D. M. D. L., Liu, Y., Bruun, T. S., & Stein, H. H. (2017). Amino acid digestibility by weanling pigs of processed ingredients originating from soybeans, 00-rapeseeds, or a fermented mixture of plant ingredients. *Journal of Animal Science*, 95(6), 2658–2669. <https://doi.org/10.2527/jas2016.1356>

- Nikkhah, A. (2011). Bioscience of ruminant intake evolution: feeding time models. *Advances in Bioscience and Biotechnology*, 02(04), 271–274. <https://doi.org/10.4236/abb.2011.24039>
- Obispo, N. E. (2005). El uso de las fuentes de nitrogeno no proteico en rumiantes. *Revista Digital CENIAP HOY*, 1–7.
- Ørskov, E. R. (1992). *Nutrición de proteínas en rumiantes*. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19821439163>
- Osorio-carmona, E., Giraldo-carmona, J., & Narváez-solarte, W. (2012). Metodologías para determinar la digestibilidad de los alimentos utilizados en la alimentación canina Methodologies to determinate the digestibility of foods used in feeding dogs. *Vet Zootec*, 6(1), 87–97. [http://200.21.104.25/vetzootec/downloads/MVZ6\(1\)_9.pdf](http://200.21.104.25/vetzootec/downloads/MVZ6(1)_9.pdf)
- Parro, J., Dorsant, H., Cuesta, A., & Laredo, M. (1983). *Determinación De Nitrógeno En Varias Fuentes Alimenticias*. 3, 233–239.
- Paulino, P. V. R., Fonseca, M. A., Henriques, L. T., Valadares Filho, S. de C., & Detmann, E. (2010). Exigências nutricionais de vacas e bezerros nelore. *Exigências Nutricionais de Zebuínos Puros e Cruzados - BR CORTE*, 1979, 193.
- R Core studio Team. (2019). *R: A Language and Environment for Statistical Computing* (3.6.1.). <http://www.r-project.org>
- Sniffen, C. J., O'Connor, J. D., Van Soest, P. J., Fox, D. G., & Russell, J. B. (1992a). A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. In *Journal of animal science* (Vol. 70, Issue 11, pp. 3562–3577). Narnia. <https://doi.org/10.2527/1992.70113562x>
- Sniffen, C. J., O'Connor, J. D., Van Soest, P. J., Fox, D. G., & Russell, J. B. (1992b). A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science*, 70(11), 3562–3577. <https://doi.org/10.2527/1992.70113562x>
- Soest, V. (1964). *Of, Development Analyses Weende, The Chemists, Official Analytical Evaluation, Nutritive Re-, United States*.
- Soest, peter J. Van. (1994). *Nutritional ecology of the ruminant*. Van Soest, P. J. (1994). *Nutritional Ecology of the Ruminant*. Second Ed. Cornell University Press. Althaca, N.Y.
- Torres, D. M. (2018). Exigencias nutricionales de proteína bruta y energía metabolizable para pollos de engorde. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 9(1), 106–113. <https://doi.org/10.22490/21456453.2052>
- Torres, E. H., & Murillo Ortiz, M. (n.d.). *ABANICO VETERINARIO 2 (2) MAYO 2012 FUNCIÓN Y MECANISMO DE LA LEPTINA EN LOS RUMIANTES FUNCTION AND MECHANISM OF LEPTIN IN RUMINANTS* www.medigraphic.org.mx www.sisupe.org/abanicoveterinario

Anexos

Figura 14. Consumo Proteína Bruta heno, suplemento y total (CPB).

TTO: Tratamientos., NS: No suplementados., CPB: Consumo proteína bruta. SUP: Suplemento. BAJO: recibiendo el 0,5% del peso vivo; MEDIO: recibiendo el 1,0% del peso vivo; ALTO: recibiendo el 1,5% del peso vivo.

Fuente: El autor.

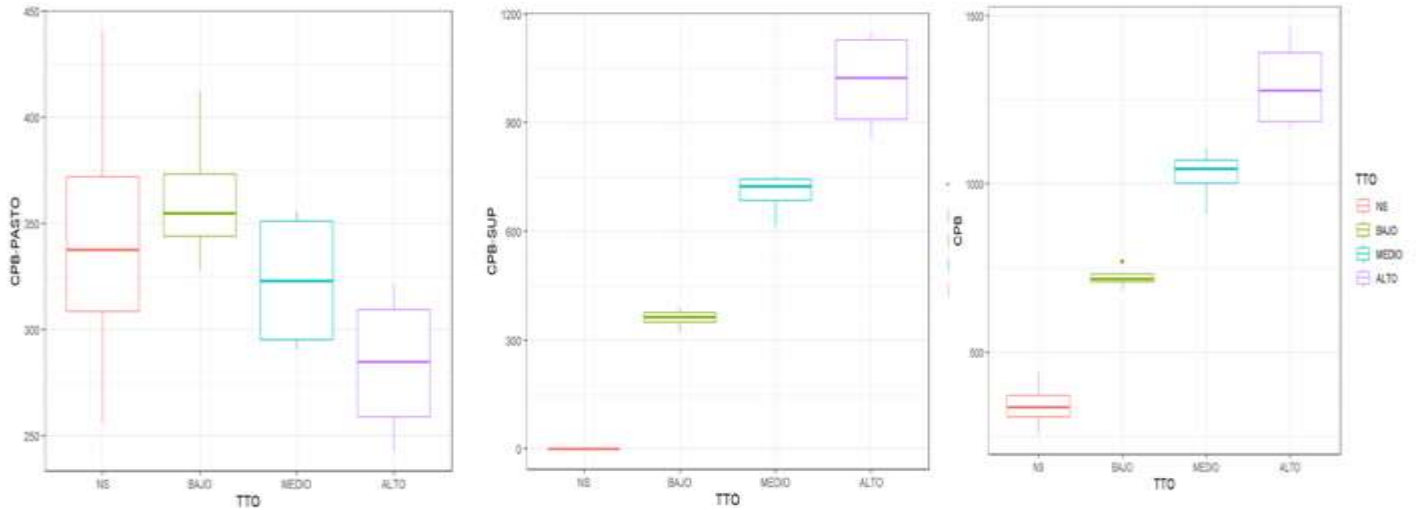


Figura 15. Consumo proteína originaria de Nitrógeno no proteico del heno, suplemento y total (CPNNP)

TTO: Tratamientos., NS: No suplementados., CPNNP: Consumo proteína oriunda de nitrogeno no proteico SUP: Suplemento. BAJO: recibiendo el 0,5% del peso vivo; MEDIO: recibiendo el 1,0% del peso vivo; ALTO: recibiendo el 1,5% del peso vivo.

Fuente: El autor.

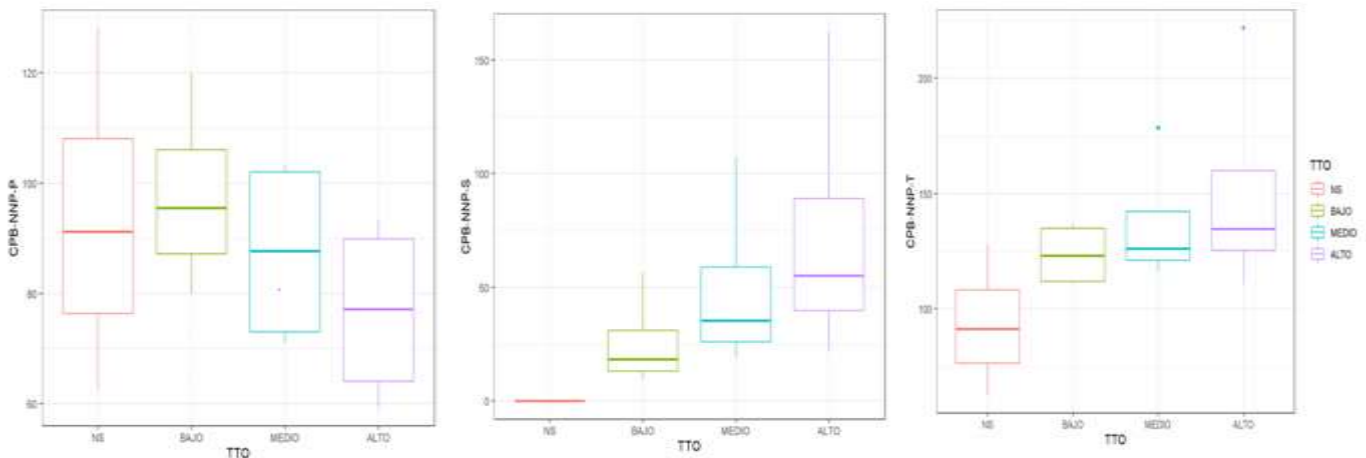


Figura 16. Consumo de Proteína insoluble en detergente neutro de heno, suplemento y total (CPDIN).

TTO: Tratamientos., NS: No suplementados., CPIDN: Consumo proteína insoluble en detergente neutro SUP: Suplemento. BAJO: recibiendo el 0,5% del peso vivo; MEDIO: recibiendo el 1,0% del peso vivo; ALTO: recibiendo el 1,5% del peso vivo.

Fuente: El autor.

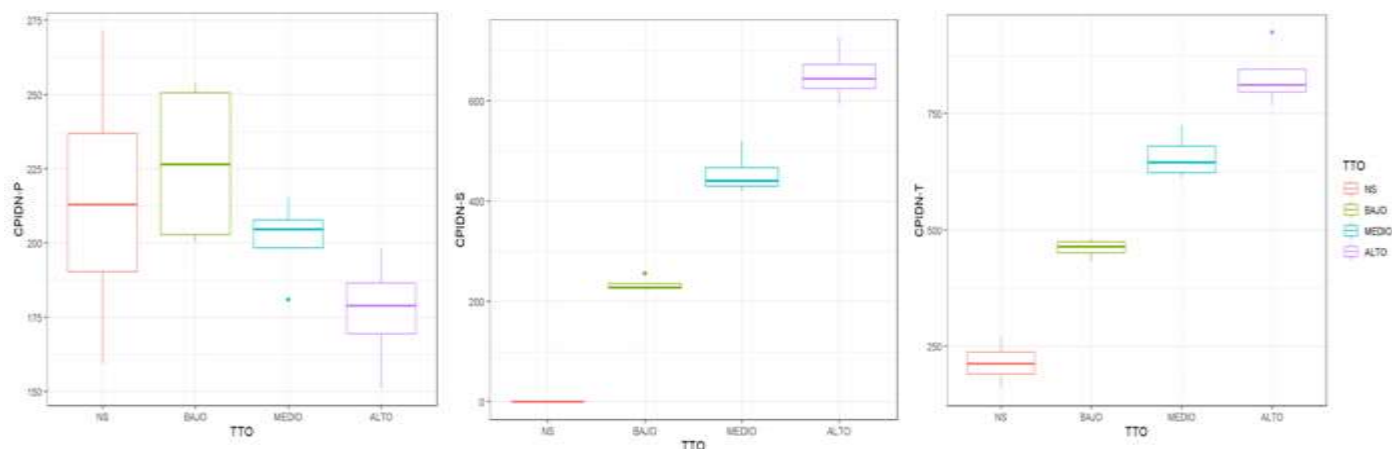


Figura 19. Consumo proteína verdadera altamente digestible de heno, suplemento y total (CPvad)

TTO: Tratamientos., NS: No suplementados., CPVad: Consumo proteína verdadera altamente digestible SUP: Suplemento. BAJO: recibiendo el 0,5% del peso vivo; MEDIO: recibiendo el 1,0% del peso vivo; ALTO: recibiendo el 1,5% del peso vivo

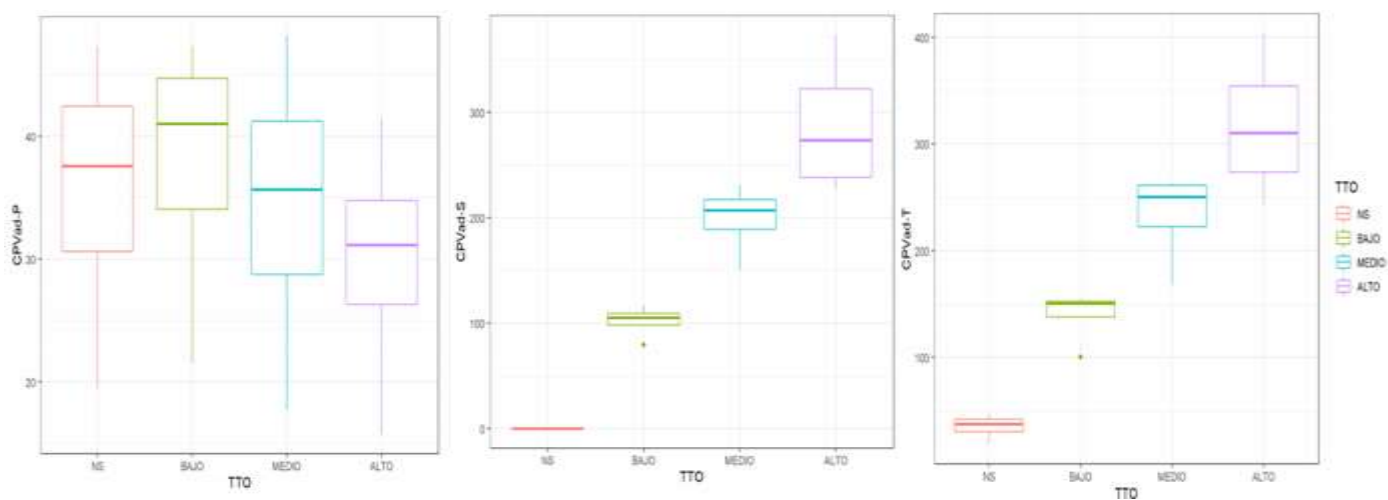


Figura 17.Consumo Proteína insoluble en detergente Acida de heno, suplemento y total (CPIDA)

TTO: Tratamientos., NS: No suplementados., CPIDA: Consumo proteína Insoluble en detergente acida SUP: Suplemento. BAJO: recibiendo el 0,5% del peso vivo; MEDIO: recibiendo el 1,0% del peso vivo; ALTO: recibiendo el 1,5% del peso vivo

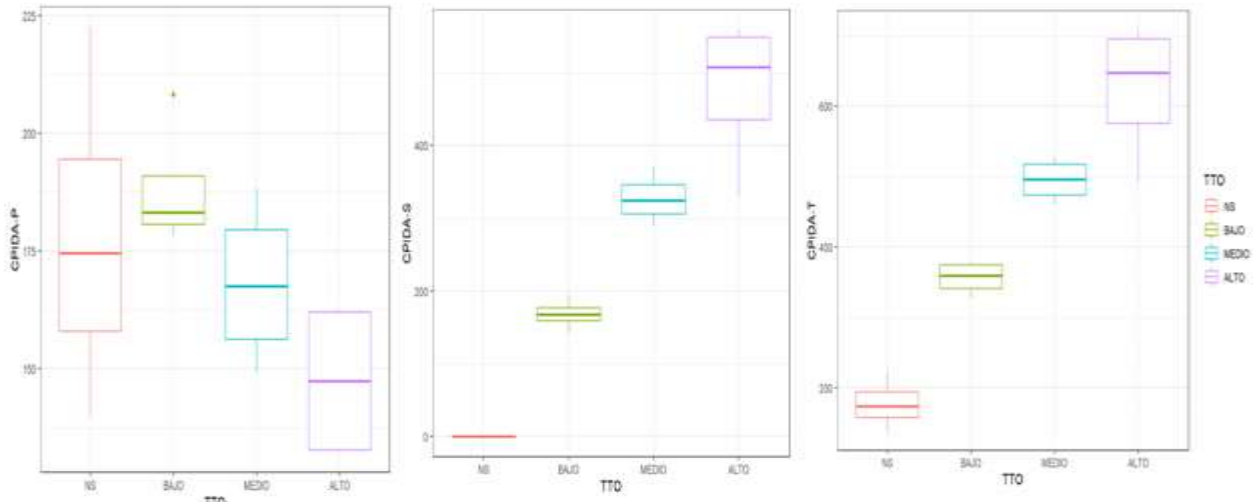


Figura 18.Consumo proteína Verdadera de heno, suplemento y total (CPV)

TTO: Tratamientos., NS: No suplementados, CPV: Consumo proteína Verdadera SUP: Suplemento. BAJO: recibiendo el 0,5% del peso vivo; MEDIO: recibiendo el 1,0% del peso vivo; ALTO: recibiendo el 1,5% del peso vivo

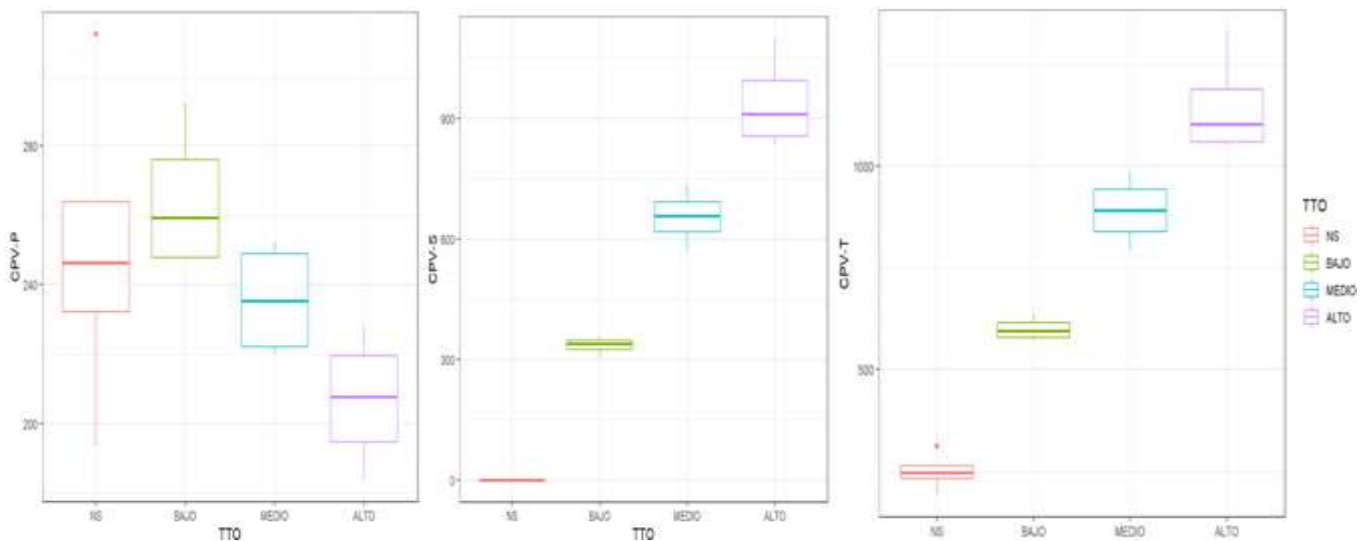


Figura 19.Consumo de fracción B3 de heno, suplemento y total (CFB3)

TTO: Tratamientos., NS: No suplementados., CPIDA: Consumo proteína fracción B3. Suplemento. BAJO: recibiendo el 0,5% del peso vivo; MEDIO: recibiendo el 1,0% del peso vivo; ALTO: recibiendo el 1,5% del peso vivo

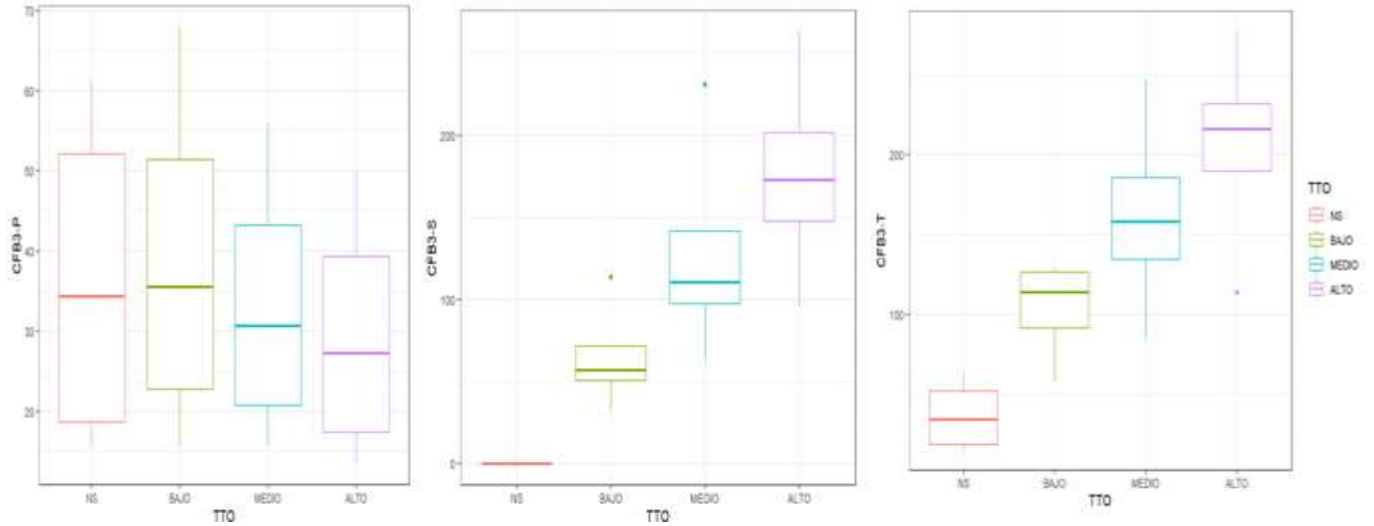


Figura 20.Relación PVad/PB; PIDN/PB; PV/PB de heno, suplemento y total.

TTO: Tratamientos., NS: No suplementados. PVad/Pb: Proteína verdadera altamente digestible/proteína bruta PIDN/PB: proteína insoluble en detergente neutro/proteína bruta. PV/Pb Proteína verdadera/ proteína bruta SP: Suplemento. BAJO: recibiendo el 0,5% del peso vivo; MEDIO: recibiendo el 1,0% del peso vivo; ALTO: recibiendo el 1,5% del peso vivo.

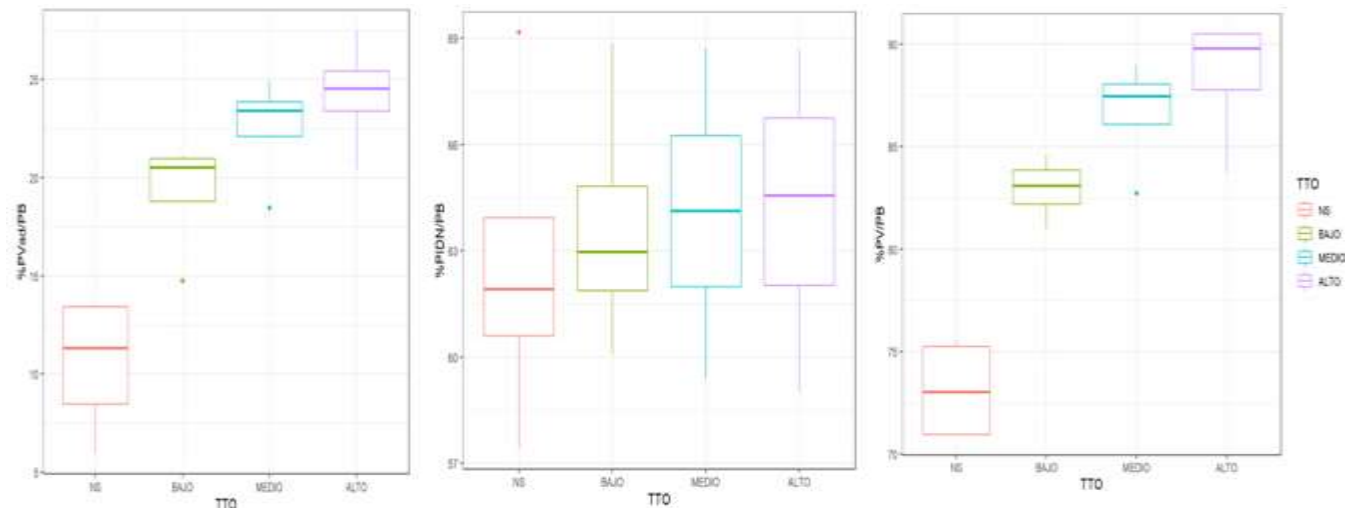


Figura 21.Relación Proteína proveniente de nitrógeno no proteico y fraccionamiento B3

TTO: Tratamientos., NS: No suplementados., PNNP/PB: Proteína proveniente del nitrógeno no proteico/proteína bruta. fracción B/ Proteína Bruta. SUP: Suplemento. BAJO: recibiendo el 0,5% del peso vivo; MEDIO: recibiendo el 1,0% del peso vivo; ALTO: recibiendo el 1,5% del peso vivo.

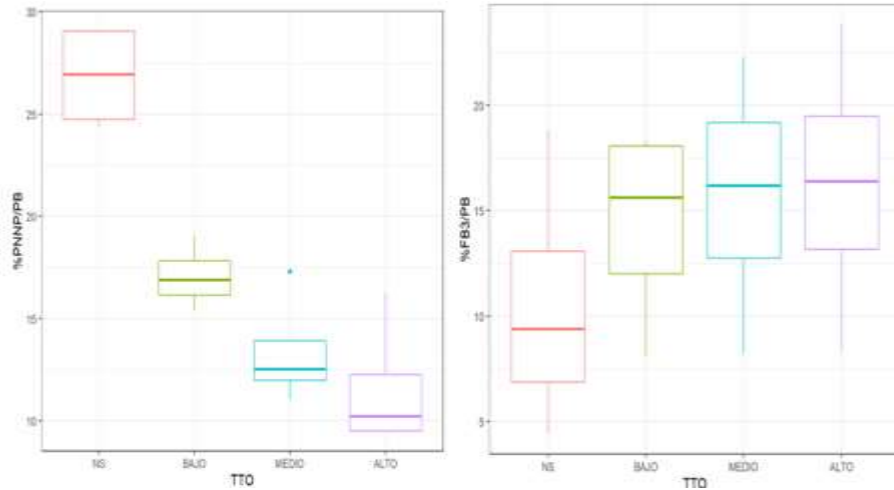


Figura 22. Determinación de nitrógeno no proteico (NNP)

A: Adición ácido tricloroacético 0.1%, 10%

B: Filtración de la muestra, NP/NNP.

Fuente: El autor



Figura 23. Digestión

A: Equipo digestor (Macrotubos, muestra, pastillas catalizadoras y H2SO4)

B: Digestión a 2 escala

C: Digestión completa

Fuente: El autor.

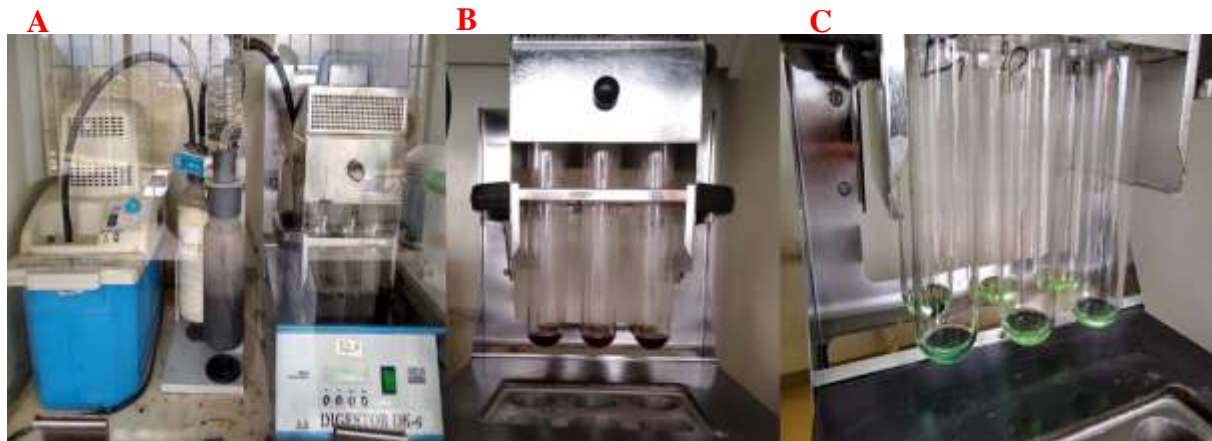


Figura 24. Determinación nitrógeno por el método de Kjeldahl

A: Determinación de Nitrogeno

B: Destilación (H₃BO₃, H₂O destilada, NaOH)

C: Obtención

D: Titulación automática (HCL factor ácido) (al multiplicar por el factor 6,25 se determina %PB)

Fuente: El autor.

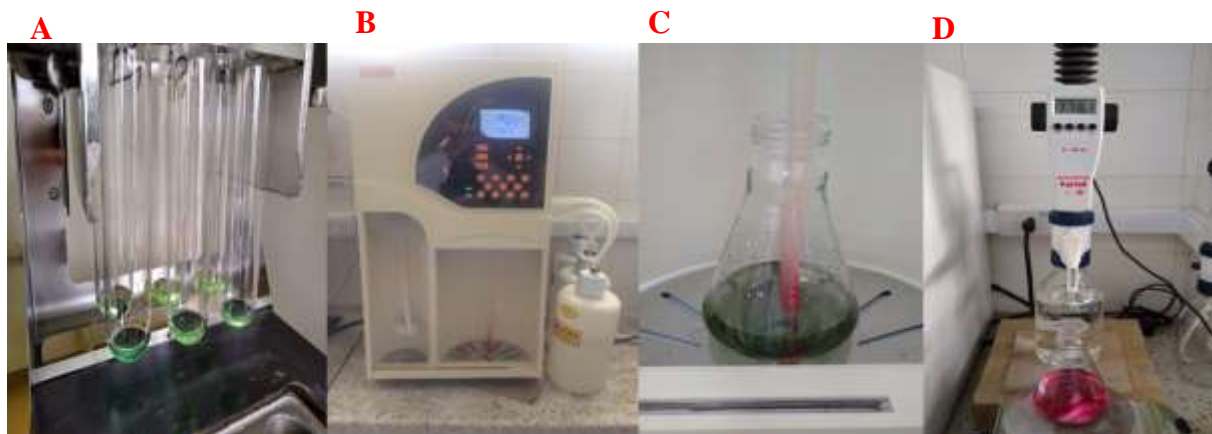


Figura 25. Determinación de Fibra detergente Neutro y Ácida (FDN, FDA)

A: Pesaje

B: Secado sacos ankomp f-57

C: Estufa (presecado y secado)

D:Determinacion Fibra por Autoclave.

Fuente: El autor.



Figura 26. Personal del laboratorio de nutrición animal.

