UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA

(Creado por la ley Nº 25265)

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE ZOOTECNIA

TESIS

COMPOSICIÓN QUÍMICA Y CINÉTICA DE LA DEGRADABILIDAD RUMINAL DE FORRAJES Y CONCENTRADOS EN BOVINOS EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
PASTOS Y FORRAJES CULTIVADOS

DISCIPLINA:
BIOTECNOLOGIA AGRÍCOLA Y DE ALIMENTOS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO ZOOTECNISTA

PRESENTADO POR EL BACHILLER:
PARIONA GONZALES, Jhoser Luis

HUANCAVELICA – PERÚ
2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En el Auditórium de la Facultad de Ciencias de Ingeniería, a los 24 días del mes de setiembre del año 2018, a horas 11:00 a.m, se reunieron los miembros del Jurado Calificador conformado por los siguientes: **M.Sc. Rodrigo HUAMÁN JURADO (PRESIDENTE), Ing. Yola Victoria RAMOS ESPINOZA (SECRETARIA), M.Sc. Héctor Marcelo GUILLEN DOMÍNGUEZ (VOCAL),** designados con Resolución de Consejo de Facultad Nº 595-2017-FCI-UNH, de fecha 28 de diciembre del 2017 y ratificados con Resolución de Decano N° 127-2018-FCI-UNH de fecha 17 de setiembre del 2018, a fin de proceder con la calificación de la sustentación del informe final de tesis titulado: "COMPOSICIÓN QUÍMICA Y CINÉTICA DE LA DEGRADABILIDAD RUMINAL DE FORRAJES Y CONCENTRADOS EN BOVINOS EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA", presentado por el Bachiller **Jhoser Luis PARIONA GONZALES,** para optar el Título **Profesional de Ingeniero Zootecnista**; en presencia del **M.Sc. José Luis CONTRERAS PACO**, como Asesor del presente trabajo de tesis. Finalizado la evaluación a horas...13:10...; se invitó al público presente y al sustentante abandonar el recinto. Luego de una amplia deliberación por parte de los Jurados, se llegó al siguiente resultado:

APROBADO [X] POR...MAYORIA.....

DESAPROBADO [ ]

En señal de conformidad, firmamos a continuación:

Presidente

Secretario

Vocal

Vº Bº Decano

ASESOR

M. Sc. José Luis CONTRERAS PACO

Dedicatoria

A Dios, por haberme dado la vida y a mis padres Héctor y Carmen por su apoyo incondicional y su confianza depositada hacia mi persona, de igual forma a mis hermanos y familiares por su apoyo en mi formación profesional.

Agradecimiento

Esta tesis, no hubiese sido posible sin el apoyo desinteresado de todas y cada una de las personas que a continuación menciono, quienes me brindaron su ayuda en momentos difíciles.

Así mismo estoy muy agradecido con mi familia por comprenderme, brindarme su cariño y apoyarme económicamente durante mi formación profesional.

Al Laboratorio Central de la Universidad Nación de Huancavelica en especial al Laboratorio de Nutrición Animal por haberme permitido hacer uso de los equipos, insumos y materiales para la realización del presente trabajo de investigación.

De la misma forma agradezco al Dr. Alfonso Gregorio, Cordero Fernández por su guía en la obtención y procesamiento de datos.

Al fondo de desarrollo socioeconómico del proyecto de Camisea - FOCAM por el apoyo brindado con el Proyecto "Generación y evaluación de un sistema computarizado en formulación de raciones al mínimo costo para ganado lechero en la provincia de Huaytará, Acobamba, Tayacaja y Huancavelica de la región de Huancavelica" en la realización del presente proyecto de tesis.

Al asesor MSc. José Luis Contreras Paco por su empeño en la revisión del presente informe, aportando sus valiosos comentarios y sugerencias, siempre con la finalidad de mejorar la calidad del documento que repercutirá, en mejores profesionales en un futuro cercano.

El autor

Índice

Dedicatoria ..... **iv**
Agradecimiento ..... **v**
Índice ..... **vi**
Índice de Tablas ..... **viii**
Índice de Figuras ..... **ix**
RESUMEN ..... **xi**
ABSTRAC ..... **xii**
INTRODUCCIÓN **13**
CAPÍTULO I **14**
1.1. Planteamiento del problema 14
1.2. Objetivos 16
1.3. Justificación: 17
CAPÍTULO II **20**
2.1. Antecedentes de estudio 20
2.2. Bases teóricas conceptuales 35
2.3. Formulación de hipótesis 40
2.4. Definición de términos básicos 40
2.5. Identificación de variables 41
2.6. Operacionalización de variables 42
CAPÍTULO III **43**
3.1. Tipo de investigación 43
3.2. Nivel de Investigación 43
3.3. Método de investigación 44
3.4. Esquema de investigación 44
3.5. Población y muestra 46
3.6. Técnica e instrumento de recolección de datos 46
3.7. Procedimientos de recolección de datos 47
3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos 48
3.9. Ámbito de estudio 49
CAPÍTULO IV **50**
4.1. Presentación, análisis e interpretación de Resultados 50

4.2. Composición química de forrajes solos, forrajes asociados y alimentos concentrados 50
4.3. Degradabilidad *In situ* de los nutrientes de los forrajes solos, forrajes asociados y alimentos concentrados. 54
4.3.1. Parámetros cinéticos de la degradabilidad de la materia seca (MS) de los forrajes solos, forrajes asociados y alimentos concentrados. 58
4.3.2. Parámetros cinéticos de la degradabilidad de la proteína cruda (PC) de los forrajes solos, forrajes asociados y alimentos concentrados. 63
4.3.3. Parámetros cinéticos de la degradabilidad de la fibra detergente neutro (FDN) de los forrajes solos, forrajes asociados y alimentos concentrados..... 69
4.3.4. Parámetros cinéticos de la degradabilidad de la fibra detergente ácida (FDA) de los forrajes solos, forrajes asociados y alimentos concentrados. 74
Conclusiones 79
Recomendaciones 80
Referencia Bibliográfica 1
Anexos 5

Índice de Tablas

Tabla 1. Definición operativa de variables..... 42

Tabla 2. Esquema de investigación..... 45

Tabla 3. Composición química de forrajes solos, forrajes asociados y alimentos concentrados. 51

Tabla 4. Porcentaje medio de la degradación ruminal de la materia seca (MS), proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) en los tiempos de incubación ruminal (horas) de los forrajes solos, forrajes asociados y alimentos concentrados. 55

Tabla 5. Estimación de los parámetros cinéticos de la materia seca (MS) de los forrajes solos, forrajes asociados y alimentos concentrados. 59

Tabla 6. Estimación de los parámetros cinéticos de la degradabilidad de la proteína cruda (PC) de los forrajes solos, forrajes asociados y alimentos concentrados. 64

Tabla 7. Estimación de los parámetros cinéticos de la degradabilidad de la fibra detergente neutra (FDN) de los forrajes solos, forrajes asociados y alimentos concentrados..... 70

Tabla 8. Estimación de los parámetros cinéticos de la degradabilidad de la fibra detergente acida (FDA) de los forrajes solos, forrajes asociados y alimentos concentrados. 75

Índice de Figuras

Figura 1. Composición química de los forrajes solos (alfalfa y avena). 52

Figura 2. Composición química de los forrajes asociados (alfalfa + trébol rojo y alfalfa + dactylis). 53

Figura 3. Composición química de los alimentos concentrados (pasta de algodón y cebada molida)..... 54

Figura 4. Porcentaje medio de la degradación ruminal de la materia seca (MS), proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) de forrajes solos en los tiempos de incubación (horas). 56

Figura 5. Porcentaje medio de la degradación ruminal de la materia seca (MS), proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) de forrajes asociados en los tiempos de incubación (horas). 57

Figura 6. Porcentaje medio de la degradación ruminal de la materia seca (MS), proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) de alimentos concentrados en los tiempos de incubación (horas). 58

Figura 7. Parámetros cinéticos de la degradabilidad de la materia seca (MS) de los forrajes solos. 60

Figura 8. Parámetros cinéticos de la degradabilidad de la materia seca (MS) de los forrajes asociados. 62

Figura 9. Parámetros cinéticos de la degradabilidad de la materia seca (MS) de los alimentos concentrados. 63

Figura 10. Parámetros cinéticos de la degradabilidad de la proteína cruda (PC) de los forrajes solos. 66

Figura 11. Parámetros cinéticos de la degradabilidad de la proteína cruda (PC) de los forrajes asociados..... 67

Figura 12. Parámetros cinéticos de la degradabilidad de la proteína cruda (PC) de alimentos concentrados. 69

Figura 13. Parámetros cinéticos de la degradabilidad de la fibra detergente neutra (FDN) de los forrajes solos. 71

Figura 14. Parámetros cinéticos de la degradabilidad de la fibra detergente neutra (FDN) de los forrajes asociados. 72

Figura 15. Parámetros cinéticos de la degradabilidad de la fibra detergente neutra (FDN) de los alimentos concentrados. 74

Figura 16. Parámetros cinéticos de la degradabilidad de la fibra detergente ácida (FDA) de los forrajes solos. 76

Figura 17. Parámetros cinéticos de la degradabilidad de la fibra detergente ácida (FDA) de los forrajes asociados. 77

Figura 18. Parámetros cinéticos de la degradabilidad de la fibra detergente ácida (FDA) de los alimentos concentrados. 78

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue determinar la composición química y la cinética de la degradabilidad ruminal *In situ*, de la MS, PC, FDN y FDA de los forrajes solos, forrajes asociados y alimentos concentrados. Para lo cual las muestras provinieron de las 4 provincias de Huancavelica (Huaytará, Acobamba, Tayacaja y Huancavelica) se recolectó 4kg de forraje fresco por provincia haciendo un total de 16 kg de forraje fresco por insumo, los concentrados solo provinieron de la provincia de Huancavelica (5kg). Se utilizó 3 bovinos, fistulados, con peso vivo medio de 450kg. Los forrajes fueron pesados en bolsitas de nylon e incubados en 8 tiempos y los concentrados en 7 tiempos. En la composición química en los forrajes solos destaca la avena con 27.12% de MS, así mismo para la PC la alfalfa con 24.84%, en tanto a la FDN la avena presentó mayores valores de 56.97% y para FDA tenemos al forraje asociado alfalfa + dactylis con 43.68% en tanto para el grupo de los concentrados presentaron resultados similares en MS de 90.23% y 89.46% para pasta de algodón y cebada molida, para la PC sobresalió la pasta de algodón con 29.39%, por otro lado para la FDN y FDA la cebada molida mostró valores superiores a la pasta de algodón con valores 37.55% y 17.57% respectivamente. Y para la cinética de la degradabilidad, de todos los grupos de los forrajes y alimentos concentrados, para la fracción soluble (a) y la tasa de degradación de la fracción soluble (b) destaca la cebada molida (a) 67.89% de FDN y (b) 85.00% de MS, de todas la especies estudiadas la que mayor tasa de degradabilidad tubo, fue la avena con (c) 47.77%/h para PC, asimismo la cebada también destaca en la DP y DE con 98.15% y 92.86%/h respectivamente, a una tasa de pasaje de 2%/hora. Las conclusiones a la que se arribó me permitieron decir que, en la composición química los forrajes solos sobresalieron en MS, en tanto a la alfalfa resaltó por su alto contenido de PC, la avena sobresale por su alto contenido de FDN y FDA. Para la cinética de la degradabilidad ruminal, la DE de la PC con tasas de pasajes de 2, 5 y 8%/h, permite clasificar a los forrajes solos, forrajes asociados y alimentos concentrados, como especies de alta calidad, frente a la DE de MS, FDN y FDA, destacando la pasta de algodón, cebada molida y alfalfa.

Palabras claves: Forrajes, concentrados, degradabilidad, cinética, *In situ.*

ABSTRAC

The objective of this work was to determine the chemical composition and kinetics of ruminal degradability *In situ*, MS, PC, NDF and ADF of forages alone, associated forages and concentrated feed. The 4 provinces of Huancavelica (Huaytará, Acobamba, Tayacaja and Huancavelica) were collected 4kg of fresh forage per province and a total of 16 kg of fresh forage per input, the concentrates only came from the province of Huancavelica (5kg). 3 bovine, fistulated, with an average live weight of 450kg are applied. The forages were weighed in nylon bags and incubated in 8 times and concentrated in 7 times. In the chemical composition in the forages alone stands out the oats with 27.12% of MS, likewise for the PC the alfalfa with 24.84%, while the FDN the oats has increased the values of 56.97% and for the FDA we have the forage associated with alfalfa + dactylis with 43.68% for the group of concentrates as MS results of 90.23% and 89.46% for cotton pulp and ground barley, for PC the cotton pulp stood out with 29.39%, on the other hand for the NDF and FDA the milled barley showed higher values than cotton pulp with values of 37.55% and 17.57% respectively. And for the kinetics of the degradability, of all the groups of forages and concentrated feeds, for the soluble fraction (a) and the rate of degradation of the soluble fraction (b) highlights the ground barley (a) 67.89% NDF and (b) 85.00% of DM, of all the species studied, which had the highest rate of degradability, was oats with (c) 47.77% / h for PC, likewise barley also stands out in PD and DE with 98.15% and 92.86% / h respectively, at a passage rate of 2% / hour. The conclusions arrived at allowed me to say that, in the chemical composition, the single forages excelled in MS, while the alfalfa stood out for its high PC content, the oatmeal stands out for its high content of NDF and FDA. For the kinetics of ruminal degradability, the DE of the PC with pass rates of 2, 5 and 8% / h, allows to classify single forages, associated forages and concentrated feed, as high quality species, compared to the DE of MS, FDN and FDA, highlighting the cotton paste, ground barley and alfalfa.

Key words: Forages, concentrates, degradability, kinetics, *In situ.*

INTRODUCCIÓN

La presente investigación se refiere al tema, composición química y cinética de la degradabilidad ruminal *In situ* de forrajes y alimentos concentrados en bovinos en la Universidad Nacional de Huancavelica, la composición química indica la cantidad de nutrientes presentes en forrajes o concentrados, este trabajo radica en conocer la composición química de los forrajes solos, asociados y de los alimentos concentrados como son: materia seca, proteína cruda, fibra detergente neutra y fibra detergente acida; de igual manera evaluar la cinética de la degradabilidad ruminal con la técnica *In situ* (Orskov et al., 1980) que permite evaluar la degradabilidad de diferentes especies de forrajes, variedades, partes de la planta y edades de corte. Evaluando la fracción soluble (a), fracción potencialmente degradable (b), tasa de degradación de la fracción b (c), degradabilidad potencial (DP) y degradabilidad efectiva (DE) de la materia seca, proteína cruda, fibra detergente neutra y fibra detergente acida, de los forrajes solos, asociados y alimentos concentrados.

El problema de esta investigación nace tras la escasa información en la composición química y cinética de la degradabilidad ruminal *In situ* de los forrajes solos, forrajes asociados y alimentos concentrados, que debido a ello una inadecuada alimentación en los bovinos, afectando la producción y como consecuencia la economía de los productores.

El trabajo de investigación está constituido por cuatro capítulos, que a continuación mencionamos; El capítulo I, delimita el problema de estudio, formulando el problema y especificando los objetivos alcanzados que esboza la importancia del estudio. Asimismo el capítulo II, detalla temas relacionados con el marco teórico conceptual, antecedentes del estudio y las variables de estudio. Prosiguiendo con el capítulo III, donde se considera aspecto metodológico de la investigación donde se precisó el tipo y diseño de investigación, población, técnicas e instrumentos, procedimientos y procesamientos de datos. Y el capítulo IV, donde se detalla los resultados a los que se ha llegado en el presente trabajo de investigación, los cuales demostrando con la aplicación del programa Excel mediante el aplicativo Solver, obteniendo mediante tablas y figuras. Finalmente, en resultado de la investigación, se presenta las conclusiones y recomendaciones más importantes.

CAPÍTULO I
PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

La principal limitante para la producción bovina lo constituye el desconocimiento de la composición química de los forrajes, originando una baja disponibilidad de forrajes de buena calidad para la alimentación de los rebaños, sobre todo cuando los forrajes provienen de zonas áridas y semiáridas (Guevara et al., 2012).

De modo similar, los pastos, a nivel internacional y nacional son un importante recurso alimentario para la ganadería extensiva, sin embargo el conocimiento de su composición quica es escaso (García et al., 2005).

Por otra parte, la provincia de Huancavelica es una de las regiones que cuentan con una altitud elevada, pobreza de sus suelos, la pendiente excesiva, la escaza disponibilidad de aguas y las heladas actúan como limitantes sobre la agricultura al disminuir la cantidad de terrenos aptos. Sin embargo, la ganadería es una fuente más estable y una fuente importante de ingreso económico para los productores; donde en la ganadería sobresalen los vacunos, ovinos camélidos sudamericanos y caprinos (Esteban , 2010).

Así, la producción ganadera en las praderas naturales y en pastos cultivados, depende de la calidad y cantidad del forraje disponible. La región sierra tienen periodos definidos de sequía y épocas invernales, durante los cuales la calidad y cantidad del forraje disponible disminuyen, especialmente el contenido de proteína cruda y la degradabilidad. Como consecuencia, se reduce el consumo de forraje, reflejándose en pérdidas de peso que disminuyen la producción ya sea de carne o leche (Cordero et al., 2018).

Asimismo, el pasto no es estático a lo largo de su ciclo productivo, lo cual dificulta la valoración del grado de degradación, su posterior utilización y por consecuencia su predicción (Bastidas et al., 2011).

Por otra parte, la pobreza de la composición química de los forrajes o la escases de nutrientes aprovechables que se encuentra en ellos, conlleva a utilizar los alimentos concentrados, ya que los forrajes no cubren las necesidades nutricionales del ganado y por ende los forrajes no son tan degradables comparados con los concentrados.

Es por ello que, la escasa información que se tiene, relacionada con la cinética degradativa ruminal de forrajes (Pulido y Leaver, 1999) nos predispone a una sobre o sub estimación de la proteína cruda ingerida, lo que se refleja en pérdidas económicas para el productor lechero, por un desbalance en la formulación de las raciones (Gallardo, 2007)

Por otro lado, hay disponible una gran variedad de alimentos concentrados, los cuales comúnmente se preparan y se venden con base en el porcentaje de proteína cruda, y una de las principales fuentes es: (harina de pescado, pasta de algodón, semillas de cereales, entre otros). Aunque la suplementación de proteína es costosa, un gran número de productores sobrealimentan o subalimentan con suplementos proteicos; la principal razón es que no se conoce tanto la degradabilidad ruminal de varios suplementos, así como la de la dieta consumida por los animales.

Siendo esta, una limitante para el desarrollo sostenible de la ganadería, y más aún el desconocimiento de la composición química y la degradabilidad de los principales recursos forrajeros disponibles en Huancavelica, pero principalmente el desconocimiento de las fuertes fluctuaciones que estos presentan por las condiciones climáticas.

Es por ello que esta investigación busca evaluar la composición química y la cinética de degradabilidad ruminal de forrajes y concentrados en bovinos en la Universidad Nacional de Huancavelica.

1.1.1. Problema general:

¿Cuál es la composición química y cinética de degradabilidad ruminal de forrajes y concentrados en bovinos en la Universidad Nacional de Huancavelica?

1.1.2. Problemas específicos:

- ¿Cuál es la composición química de forrajes solos?
- ¿Cuál es la composición química de forrajes asociados?
- ¿Cuál es la composición química de los alimentos concentrados?
- ¿Cómo es la cinética de degradabilidad ruminal *In situ* de forrajes?
- ¿Cómo es la cinética de degradabilidad ruminal *In situ* de forrajes asociados?
- ¿Cómo es la cinética de degradabilidad ruminal *In situ* de alimentos concentrados?

1.2. Objetivos

1.3.1. Objetivo general:

Evaluar composición química y cinética de degradabilidad ruminal de forrajes y alimentos concentrados en bovinos en la Universidad Nacional de Huancavelica.

1.3.2. Objetivos específicos:

- Determinar la composición química de los forrajes solos.
- Determinar la composición química de los forrajes asociados.
- Determinar la composición química de los alimentos concentrados.
- Evaluar la cinética de la degradabilidad ruminal *In situ* de forrajes solos en bovinos.
- Evaluar la cinética de la degradabilidad ruminal *In situ* de forrajes asociados en bovinos.
- Evaluar la cinética de la degradabilidad ruminal *In situ* de los alimentos concentrados en bovinos.

1.3. Justificación:

Del total de ganado vacuno nacional, en la sierra se encuentra un mayor número de cabezas de ganado vacuno con 3 713 417 vacunos, que representan un porcentaje de 74.4%, que contribuyen a una fuente de ingreso importante para el ganadero (CENAGRO, 2012).

Asimismo, en Huancavelica en la producción ganadera sobresale el ovino con un 48.8%, seguido por alpacas con el 23.53%, donde el ganado vacuno se encuentra en el tercer lugar con un 14.05% con 184 267 vacunos, haciendo un importante fuente de ingreso para 38 198 productores dedicados a la producción de leche a nivel de la región, especialmente en zonas donde el desarrollo de la agricultura es limitado por condiciones climáticas y de altitud (CENAGRO, 2012).

Además, los forrajes y alimentos concentrados constituyen comúnmente el principal recurso utilizado en la alimentación de los rumiantes (bovinos, ovinos y caprinos), ya que poseen el aparato digestivo adecuado para su aprovechamiento. Por otro lado, la degradabilidad de los forrajes y alimentos concentrados, hace referencia a la cantidad de alimento que se descompone en sus elementos integrantes, mediante

procesos biológicos o químicos en los bovinos. Siendo de suma importancia para la productividad del ganado.

Ya que, la calidad de los forrajes se relaciona directamente con la producción de leche y carne bovina, así como con el crecimiento de los rumiantes, se hace necesario la aplicación de métodos más exactos para evaluar la composición química de los forrajes y proporcionar a los nutricionistas información que permita formular dietas desde el punto de vista fisiológico y económico, que optimicen la productividad animal.

De esta manera, siguiendo costumbres tradicionales, principalmente en épocas de sequía donde el forraje es limitado, Hoover et al., (1991), Ramos, (2005), Vergara et al., *(*2006), Suárez et al., (2007), Hoover y Stokes, (1991) han demostrado que la suplementación con alimentos concentrados en animales que consumen pastos de baja calidad mejora las condiciones del ambiente ruminal, la degradabilidad ruminal de los alimentos, la eficiencia de la actividad fermentativa ruminal y la síntesis de proteína microbiana, con efecto directo en el consumo del alimento base y en la respuesta productiva de los rumiantes.

Por otro lado, la técnica *In situ,* según López, (2005) es considerada la más exacta, este es un proceso laborioso y costoso que requiere el empleo de altas cantidades de alimento, uso de alta mano de obra y la disposición de instalaciones para su cuidado (Broderick, 1994) y (Van Soest et al.,1966). Es por ello la elección del método para relizar el trabajo de investigación con la técnica *In situ.*

Asimismo, la técnica *In situ* ha sido ampliamente utilizada para obtener los datos que se requieren en la estimación de los parámetros de cinética ruminal de las fracciones nutricionales en alimentos para rumiantes (Osuji et al., 1993).

Según NRC, (2001), la estimación de la degradabilidad efectiva en el rumen (DE) es quizá el cálculo más importante en el estudio de la cinética ruminal dado que permite establecer la proporción de fracciones nutricionales que son degradadas y aquellas que no logran degradarse en el rumen.

Siendo esto, una motivación para emprender el proyecto de investigación incrementando el conocimiento sobre la composición química y cinética de la

degradabilidad ruminal *In situ*, de forrajes solos, como la alfalfa (*Medicago sativa L.*), avena forrajera (*Avena sativa L.*), forrajes asociados, como la alfalfa - trébol rojo (*Medicago sativa L. - Trifolium pratense L.*), y alfalfa - dactylis (*Medicago sativa L. - Dactylis glomerata L.*) y alimentos concentrados como la pasta de algodón (*Gossypium hirsutium L.*), cebada molida (*Hordeum* vulgare *L.*) que son empleadas para la alimentación animal.

Por ello, la importancia de esta investigación radica en que, a partir de lo cual se podrán plantear medidas dando un mayor interés, por ende esta investigación servirá como base de otras investigaciones para poder ir acrecentando el conocimiento y a la vez mejorando en todos los aspectos en la ganadería bovina.

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

Los trabajos que guardan relación con el presente estudio se definen a continuación:

Para composición química

Apráez et al., (2014)

En su investigación titulada "valoración nutricional y emisión de gases de algunos recursos forrajeros del trópico de altura" Se determinó la composición química de algunos forrajes herbáceos, arbóreos y arbustivos de la región lechera del municipio de Pasto, en altitudes comprendidas entre 2600 a 3200 m.s.n.m. Para ello, se tomaron veinte muestras de praderas, entre monocultivo y mezcla, y de otras plantas que utilizan como alimento del ganado, entre los que se destacan: *Holcus lanatus* L., *Dactylis glomerata L.*, *Trifolium pratense L.*, *Trifolium repens L.*, *Pennisetum clandestinum*, *Lolium* sp*, Taraxacum officinale*, *Rumex crispus L.*, *Phalaris* sp, *Plantago major L.*, *Avena sativa L.* y *Smallanthus pyramidalis*. La validación estadística se realizó mediante un modelo de medidas repetidas las medias fueron ajustadas y comparadas según la prueba de Tukey - Kramer. La pradera en mezcla de *H. lanatus*, *Lolium* sp.,

P. clandestinum, y *T. repens* presentó la mayor producción de gas metano con 560 ml/Kg MS, y el ensilaje de *A. sativa*, la menor con 30 ml/Kg MS.

Tenemos a la asociación saboya (*Holcus lanatus l.) 60%* + azul orchoro (*Dactylis glomerata L.) 35%* + trébol rojo *(Trifolium pratense L.)* 5% con 19.4% de MS, 16.5% de PC, 54.3% de FDN y 30.2%de FDA, mostrando superioridad la asociación aubade (*Lolium sp*)30% + samson (*Lolium sp*) 30% + sterling 30% + trébol rojo *(Trifolium pratense L.)* 10% con 22.7% de MS, 16.7% de PC, 66.7% de FDN y 35.9% de FDA y el más bajo tenemos a la avena (*Avena sativa L.)* 100% con 13.1% de MS, 12.8% de PC, 51.5% de FDN y 28.7%de FDA.

Las conclusiones a las que arribaron fueron que la calidad de los recursos forrajeros que se suministra a los rumiantes es determinante sobre la digestibilidad, la producción de AGVs y las emisiones de Gases Efecto Invernadero como el gas metano (CH4). Es importante tener en cuenta el suministro de praderas en óptimos estados fisiológicos, jóvenes, sinónimo de mayor calidad nutricional y menores pérdidas energéticas a nivel ruminal a causa de la producción de metano. En general, la asociación entre gramíneas, leguminosas y arvenses presenta menores producciones de gas metano.

Alagón, (2012)

En su tesis, master en producción animal "Caracterización Química y Valor Nutritivo de los DDGS de grano de Cebada, grano de Maíz y grano de Trigo para Conejos en Crecimiento", con el objetivo de determinación del valor nutricional de granos de Cebada, grano de Maíz y grano de Trigo, se realizó con conejos en crecimiento, en las instalaciones del Instituto de Ciencia y Tecnología Animal de la UPV. Se determinó la composición bromatológica (MS, MO, PB, GB, FND, FAD, LAD, FSND, Celulosa, Hemicelulosa, almidón y P), en aminoácidos y ácidos grasos de ocho muestras de granos secos (dos de cebada, dos de maíz y cuatro de trigo).

Obteniendo resultados de la composición bromatológica de grano de cebada nacional de 90.29% MS, 6.17% Ce, 9.98% PB, 7.22% GB, 36.96% FDN, 17.24% FDA, 0.93% LAD, 27.22% FSND, 11.67% Celulosa, 0.93% Almidón y 0.49% de Fosforo.

Concluyendo acorde con su composición química, los granos secos pueden ser considerados como buenas fuentes de proteína para conejos, en especial los de trigo y maíz por ser los que tienen más concentración de PB y de mayor digestibilidad. Aunque el contenido en AA y sus digestibilidades aparentes son muy variables en función del tipo de granos secos (más altas en maíz y trigo), los granos secos pueden considerarse una buena fuente de AA, sin una aparente caída de la digestibilidad de la lisina como se ha observado en otras especies. Los contenidos de ED son altos en los granos secos de maíz y trigo (15887, 14725 y 15689 kJ); en caso del maíz se debe a un alto contenido en GB (139 y 144 g/KgMS) y con alta digestibilidad, mientras que en el trigo se debe al mayor aporte de PD (26.3%). Por tanto se puede considerar a ambos granos secos como fuentes energéticas para conejos.

Pinos et al., *(2005)*

En su invetigacion "Efecto de enzimas fibrolíticas exógenas en la degradación *In vitro* de ingredientes alimenticios, y en la producción de leche de vacas holstein" con el objetivo de evaluar el efecto de enzimas fibrolíticas en la degradación ruminal *In Vitro* de la materia seca (DIVMS) de ingredientes alimenticios energéticos (granos de maíz y sorgo), fibrosos (cascarilla de soya y ensilado maíz), proteínicos (pasta de soya y pasta de algodón), heno de alfalfa (7, 12, 21 y 28 días de rebrote) y de un concentrado, a las 3, 6, 12, 24, 48 y 72h de incubación y el análisis químico de los mismos ingredientes.

Para el análisis químico presentó la cascara de soya: 89.9% de MS, 13.2%de PC, 58.5% de FDN y 43.8% de FDA; concentrado: 88.1% de MS, 19.3% de PC, 25.5% de FDN y 16.1% de FDA; ensilado de maíz: 38.3% de MS, 7.6% de PC, 50.7% de FDN y 31.2% de FDA; maíz grano: 89.1% de MS, 8.9% de PC, 10.8% de FDN y 4.3% de FDA; pasta de soya: 90.6% de MS, 50.3% de PC, 15.6% de FDN y 11.7% de FDA; pasta de algodón: 90.87% de MS, 28.85% de PC, 26.57% de FDN y 15.32% de FDA; sorgo grano: 87.4% de MS, 10.1% de PC, 11.5% de FDN y 6.0% de FDA y heno de alfalfa: 88.2% de MS, 23.6% de PC, 31.1% de FDN y 20.4% de FDA. Las enzimas fibrolíticas mejoraron ($P<0,10$) principalmente la DIVMS de los ingredientes fibrosos. En un segundo experimento se evaluó el efecto de las enzimas fibrolíticas en la

producción de leche de vacas Holstein alimentadas con dietas integrales elaboradas con los ingredientes evaluados en el primer experimento. La producción de leche en la semana experimental 3, 4 y 8 (P<0,10), y 5 y 16 (P<0,05) fue incrementada por las enzimas fibrolíticas exógenas.

Concluyendo que las enzimas fibrolíticas exógenas mejoran la degradación *In vitro* de la MS de ingredientes alimenticios fibrosos en las primeras horas de incubación, aunque sin efecto positivo sobre la degradación *In vitro* del heno de alfalfa. Al parecer las enzimas exógenas con actividad de tipo xilanolítica tienen mayor efecto en la fibra de los ingredientes alimenticios que en la de los forrajes. Las enzimas exógenas incrementaron la producción de leche en las semanas experimentales 3, 4, 5, 8 y 16, indicando que mientras más temprana sea la lactancia de la vaca, y mayor sea la producción y demanda de energía, estos aditivos tendrán mayores efectos positivos en la producción de leche.

Urbano y Dávila, (2003)

En su trabajo "Evaluación del rendimiento y composición química de once variedades de alfalfa (*Medicago sativa*) bajo corte en la zona alta del estado Mérida, Venezuela". Con el objetivo de evaluar once variedades de Alfalfa: Alfa-50, Alfa-100, AS-13, Euver, Lanfagene, Peluda Peruana, WL-514, WL-515, WL-516, WL-605 y WL-7 Special). Se utilizó un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. Los cortes se realizaron en promedio cada 45 días.

Los resultados indicaron que el rendimiento de materia seca mostró diferencias significativas (P<0,05) entre los tratamientos para el primer año, siendo el valor promedio de 17080 kg MS/ha/año. En la altura se encontró diferencias (P<0,05) entre las variedades, con un promedio de 66 cm. Para la relación hoja/tallo no se detectó significancias para los tratamientos, con un promedio de 1,33. Se encontró diferencias estadísticas (P<0,05) para las variables contenido de proteína cruda y fósforo, mientras que para el potasio no se encontró diferencias entre los valores en las distintas variedades. Los valores oscilaron entre 21,09-24,02% y 0,31-0,46% para proteína y fósforo respectivamente. Para el potasio su contenido promedio fue de 4,18%.

Llegando a la conclusión que los altos rendimientos obtenidos para un grupo de variedades de alfalfa, durante los primeros tres años de cultivo; esta especie representa una alternativa viable para evaluarla en sistema de alimentación de animales lecheros especializados, en los andes venezolanos.

Bajo las condiciones de estudio, algunos grupos de variedades presentaron valores similares de rendimientos, alturas y composición química, sin embargo, las variedades WL-516 y Lanfagene fueron las que produjeron rendimientos superiores a 18 t MS/ha. Año.

Para cinética de la degradabilidad.

Cordero et al., 2018

En su investigacion "Degradabilidad y estimación del consumo de forrajes y concentrados en alpacas (Vicugna pacos)", con el estudio tuvo como objetivo evaluar los parámetros cinéticos de la degradación *In situ* de la materia seca (MS), proteína cruda (PC) y la estimación del consumo mediante ecuaciones de predicción de MS de forrajes y alimentos concentrados en alpacas Huacaya (*Vicugna pacos*). Se trabajó con ensilado de maíz chala (*Zea mays L.)* sin y con 1% de urea, cebada (*Hordeum vulgare L.*), avena (*Avena sativa L.*), salvado de trigo (*Triticum aestivum L.*) y raspa de papa (*Solanum tuberosum*).

Los alimentos (5 g en base seca) fueron colocados en sacos de nylon e incubados durante 0, 6, 12, 24, 48 y 76 horas en el primer compartimento estomacal de dos alpacas fistuladas. Se analizó la MS y la PC de los residuos de los sacos. La MS y la PC del salvado de trigo y de la raspa de papa presentaron potenciales de degradación elevados, así como la MS y la PC de la avena. Se destaca la mayor fracción no degradable de la PC del maíz chala sin y con urea y, por tanto, una menor degradabilidad de la PC. Las estimaciones del consumo por las alpacas generadas por las ecuaciones de tres estudios no son adecuadas a los alimentos en estudio.

Concluyendo en la investigación que, entre los forrajes evaluados, la avena destaca por la elevada fracción (a) de la materia seca y la mayor degradabilidad efectiva de la proteína cruda a las tasas de pasajes estudiadas, contrariamente a los demás forrajes cuya degradabilidad efectiva fue en media de 48%/h.

En los alimentos concentrados, el salvado de trigo fue el más relevante por la mayor degradabilidad potencial de la materia seca y la menor fracción indigestible de la proteína cruda, en contraposición a la raspa de papa.

Las ecuaciones sugeridas por Shem et al., (1995) y von Keyserling y Mathison (1989) permitieron la estimación de valores similares del consumo de materia seca por las alpacas.

Boschini et al., (2017)

En su investigación "Degradabilidad ruminal de la alfalfa en la zona oriental del Valle Central de Costa Rica" con el objetivo de evaluar en bovinos de leche, el potencial de degradabilidad ruminal de cuatro variedades de alfalfa (*Medicago sativa*) desarrolladas en la República Argentina. El muestreo fue realizado durante la época lluviosa del año 2014, por medio de la cosecha de alfalfa, a nivel del suelo, de muestras de las variedades Mora, Patricia, Victoria y Súper Monarca, a edades de cosecha de 28, 35, 42, 49, 56 y 63 días de rebrote; todas las muestras fueron secadas, molidas e incubadas por duplicado en dos vacas Jersey-Reyna fistuladas ruminalmente, por 0, 3, 6, 12, 24 y 48 horas. Los resultados fueron analizados mediante el algoritmo de Marquardt con el programa estadístico SAS. Solo hubo diferencias estadísticamente significativas ($p<0,05$) para las fracciones solubles y la tasa de degradación según la edad de cosecha, con valores de fracción soluble, potencialmente degradable y tasa de degradación entre 35,34%-44,65%, 36,46%-39,96% y 0,0734/h-0,1176/h, respectivamente. Asimismo, se obtuvieron porcentajes de degradabilidad efectiva entre 59,06%-67,09%, con una tasa de paso de 6%/h, según el tiempo de rebrote. Según los resultados obtenidos, las variedades analizadas de *M. sativa* mostraron un forraje digestible y con potencial para uso en animales altamente productivos.

Llegando a la conclusión que, en términos generales, se puede observar como la alfalfa constituye un forraje de alta calidad y con un muy buen potencial de aprovechamiento por los rumiantes, inclusive por sobre otros forrajes de uso común en ambientes tropicales; por lo tanto, la posibilidad de introducir este tipo de materiales en la dieta de animales de alta producción, favorecería el balance nutricional de las dietas

tropicales, las cuales se caracterizan por estar conformadas por materiales de bajo valor.

Guerrero et al., *(2010)*

En su estudio titulado "Composición química y degradabilidad de la proteína de forrajes nativos de la región semiárida del norte de México", con el objetivo de estimar la composición química, tasa y degradabilidad de la PC, energía metabolizable (EM) y proteína metabolizable (PM) de arbóreas (2), arbustivas (11), herbáceas (4), cactáceas (3), flores, frutos y vainas (8) que consumen los pequeños rumiantes en agostadero. La composición química se determinó por métodos estándar, la EM a partir de la producción de gas *In vitro* y la degradabilidad de la PC *In situ*. Los datos se sometieron a análisis de varianza para un diseño completamente al azar y se correlacionó la composición química con la degradabilidad de la PC.

Los contenidos en FND (65, 41, 46, 43 y 37 % MS, respectivamente), lignina (10, 8, 12, 2 y 7 % MS), hemicelulosa (32, 18, 13, 30 y 10 % MS), celulosa (22, 16, 21, 11 y 20 % MS), EM (4.6, 6.6, 8.5, 7.3 y 7.8 MJ/kg MS), PM (4.9, 7.7, 7.3, 2.9 y 4.5 % MS), así como la tasa constante de degradación c de la PC (4.0 % h-1, 6.4, 4.4, 3.7, 8.7) y la degradabilidad efectiva de la PC (28, 55, 62, 77 y 76 %) fueron diferentes en cada grupo de plantas. Se concluye que el valor nutricional (EM y PM) de arbustivas y herbáceas es alto y las cactáceas y frutos en EM. La tasa constante de degradación c de la PC de frutos, arbustivas y herbáceas les confiere buen potencial nutritivo para pequeños rumiantes en agostadero. Por el contrario, la degradabilidad efectiva de la PC permite clasificar a las arbóreas estudiadas como especies de mediana calidad.

Valadares et al., (2010)

En su investigación titulado "Degradabilidad *In situ* da materia seca, da proteína bruta de la fibra de algunos alimentos" con el propósito de determinar los parámetros cinéticos de la degradación, *In situ*, de la materia seca, proteína bruta y de la fibra en detergente neutro de los silajes de maíz y de pasto elefante, del heno de capim Tifton 85 y el salvado de soja. Se utilizaron tres bovinos adultos, fistulados en el rumen, con peso vivo medio de 400 kg. Los alimentos fueron pesados en sacos de nilón, incubados

todos a la vez y retirados en los tiempos 0, 2, 4, 8, 16, 24, 48 y 72 horas después de la incubación de los voluminosos, y 0, 2, 4, 8, 16, 24 y 48 horas después de incubación del salvado de soja.

Los residuos de las bolsas se analizaron en cuanto al contenido de materia seca. Los residuos de las bolsas se analizaron en cuanto al contenido de materia seca, proteína bruta y fibra en detergente neutro. La materia seca y la proteína bruta del salvado de soja presentaron potencial de degradación elevada, así como la proteína bruta del silaje de maíz. Se destacó la elevada fracción no degradable de la fibra en detergente neutro del heno de pasto Tifton 85 y, por lo tanto, su baja degradabilidad potencial de la materia seca. El contenido de fibra en detergente neutro y sus características cinéticas ejercen acentuado efecto sobre la digestión de los alimentos.

Machaca, (2009)

En su tesis para optar el grado academico de magister scientiae titulado "Degradabilidad ruminal de materia seca y proteína cruda de los principates recursos alimenticios de Anta – Cusco para vacunos"

con el objeto de evaluar la cinética de la degradabilidad *In situ*, de la materia seca (MS) y Proteína Cruda (PC) y determinar los parámetros de degradabilidad, de dieciocho principales recursos alimenticios utilizados para vacunos lecheros en Anta-Cusco, agrupados en seis grupos: Forrajes Verdes Gramíneas (FVG), Forrajes Verdes Leguminosas (FVL), Forrajes Verdes Asociados (FVA), Forrajes conservados (FCO), Residuos de cosecha (RCO) y Subproducto Agroindustrial (SAI).

Las bolsas de dacrón con 4g de muestra seca, fueron introducidas por duplicado por cada tiempo de incubación, en la parte ventral de rumen de dos vacas Holstein , con tiempos de incubación ruminal de 0, 2, 4, 8, 16, 24, 48, 72 y 96 horas. La cinética de la degradabilidad de MS y PC, de los valores esperados y observados, fueron ajustados por función solver de Excel. Para MS, los resultados obtenidos mostraron diferencia significativa (P:50.05) de las especies sobre la cinética de degradabilidad *In situ*. En FVG, el tiempo de mayor degradabilidad de MS está entre 72 y 48 hrs, siendo el ray gras italiano inmaduro el más degradable y la avena lechosa, la menos

degradable; en FVL, el mayor tiempo de degradación se produce a las 24 hrs y la especie más degradable es el trébol rojo prefloración y la menos degradable, la alfalfa 10% floración; en FVA, los tiempos de mayor degradabilidad son a las 72, 48 y 24 hrs siendo la vicia 60% avena 40%, la asociación más degradable y la menos degradable la asociación alfalfa 60% - gras gras italiano 40%; en FCO, los tiempos de mayor degradabilidad están entre 72 y 48 hrs, siendo el Heno de cebada el mas degradable y la menos degradable el ensilado de chala de maíz; en RCO, los tiempos de mayor degradabilidad son a las 96 y 72 hrs, el más degradable es chala de maíz y la menos degradable es rastrojo de arveja y el SAI, Sutuche, se degrada más a las 72 de incubación.

Para PC los resultados obtenidos mostraron diferencia significativa (P:50.05) de las especies sobre la cinética de degradabilidad *In situ*. En FVG, los tiempos de mayor degradabilidad se produce a las 48, 24 y 16 hrs y la mayor degradabilidad muestra el ray gras italiano inmaduro y la menos degradable el kikuyo inmaduro; en FVL, la mayor degradación se producen a las 16 hrs de incubación y la especie más degradable es la alfalfa 10% floración y la menos degradable el trébol rojo prefloración; en FVA, el tiempo de mayor degradabilidad fue a las 48 hrs, siendo la asociación vicia 60% - avena 40%, la más degradable y la menos degradable la asociación alfalfa 60% - gras italiano 40%; en FCO, el tiempo de mayor degradabilidad fue a las 48 hrs, siendo el heno de cebada el mas degradable y el menos degradable el ensilado de chala de maíz: en RCO, los tiempos de mayor degradabilidad son a las 72 y 48 hrs; el residuo de cosecha más degradable fue la broza de kiwicha y la menos degradable fue rastrojo de arveja; finalmente, el SAI, sutuche, indica su mayor degradabilidad a las 48 hrs de incubación. Referente a los Parámetros deDegradabilidad Efectiva *In situ* de MS (DEMS) y PC (DEPc), con una tasa de pasaje ruminal de 6.0%h, para FVG los valores de DEMs fluctúan entre 42.07% para Avena lechosa y 65.53% para Ray gras italiano inmaduro y para DEPc entre 44.19% para Kikuyo inmaduro y 68.23% para Ray gras italiano inmaduro; para FVL los valores de DEMs fluctúan entre 63.63% para alfalfa 10% floración y 76.76% para trébol rojo prefloración; para FVA los valores de DEMs fluctúan entre 59.37% para Alfalfa-RG italiano y 69.28% para Vicia-Avena y para DEPc, la asociación Vicia-Avena fue más degradable con 75.33%; para FCO la DEMs son

mayores para Ensilado de chala de maíz con 54.08% pero para DEPC, el heno de cebada fue mas degradable con 51.76%; para RCO tanto para DEMS y DEPC, la broza de kiwicha fue más degradable con 54.92% y 54.81% respectivamente.

Afshar et al., (2008)

En su trabajo titulado "Uso de la técnica del saco de nylon para determinar el valor nutricional y la cinética de degradación de las variedades de alfalfa iraní",con el proposito de determinar la composición química y las características de degradabilidad ruminal de dos variedades de alfalfa, incluyendo Kareyonge (KAR) y Hamedani (HAM).

Los resultados importantes fueron que no hubo diferencias significativas entre las variedades de alfalfa, MS, PC, Ceniza y Extracto de Éter (EE), aunque la diferencia para la Fibra Bruta (CF), la Fibra Detergente Neutra (NDF) y la Fibra Detergente Ácida (ADF) fue significativa ($p < 0,01$) La degradabilidad de la MS, OM, PC y la Proteína Eficaz Rumen Degradable (ERDP) a una tasa de 0,05 / h para las variedades KAR y HAM fue 54,2, 52,16, 40,1%, 72,57 g kg-1 MS y 56,97, 54,9, 39,25% , 89,4 g kg-1 de MS, respectivamente.

Las conclusiones a la que arribaron los investigadores fueron que los cálculos basados en la degradabilidad *In situ* indican que la alfalfa HAM puede tener una mayor inclusión que la alfalfa KAR en dietas para rumiantes debido a menor NDF, mayor contenido celular y ERDP.

Bernaldez et al., (2007)

En su investigación titulado "Degradabilidad potencial de una alfalfa seleccionada por menor desaparición inicial en el rumen", con el propósito de determinar la degradabilidad potencial (72 h) y se describió la cinética de la degradación de un cultivar de alfalfa seleccionado por menor desaparición inicial en el rumen (4 h), denominado ProINTA Carmina (Carmina) y un cultivar comercial Bárbara SP INTA (Bárbara).

Los resultados más relevantes fueron, que no se encontraron diferencias significativas para degradabilidad potencial (72 h) ni para la dinámica de la degradación

entre los cultivares con animales en pastoreo; las variables estudiadas tampoco difirieron para Carmina al evaluarla con distintas dietas suministradas a los animales donantes. El proceso de selección por menor DIR no afectó la degradabilidad potencial ni la cinética de la degradación. La dieta suministrada a los animales donantes no produjo cambios en degradabilidad potencial y en la cinética de la degradación estimada para Carmina.

La conclusión que llegó el investigador fue el proceso de selección por menor DIR no afectó el comportamiento del forraje cuando es evaluado a mayor extensión de la digestión ruminal, ya sea en su degradabilidad potencial como en la dinámica de la degradación. La degradación del material seleccionado por menor DIR no fue afectada en su extensión y/o patrón al ser evaluada con animales donantes recibiendo diferentes dietas, una similar a la utilizada durante el proceso de mejoramiento y la otra representando la situación de uso real.

Vieira et al., (2006)

En su investigación titulado "Degradabilidad ruminal de la materia seca, fibra detergente neutra, fibra detergente ácida y proteína bruta de los forrajes" teniendo como objetivo evaluar la degradabilidad ruminal de la materia seca, de la fibra en detergente neutro, de la fibra en detergente ácido y de la proteína bruta de la alfalfa (*Medicago sativa*), avena negra (*Avena strigosa*), leucena (*Leucaena leucocephala*) y guandú (*Cajanus cajan*). Las muestras de 3 g de los forrajes se incubaron en el rumen de tres novillos por períodos de 0, 6, 12, 24, 36, 48 y 72 horas. Las degradabilidades efectivas de la materia seca de la alfalfa y de la avena, para la tasa de paso del 5% por hora, fueron elevadas (por encima del 60%). La leucena y el guandú presentaron valores inferiores, 50,9 y 56,0%, respectivamente. A partir de 24 horas de incubación, la avena se destacó con mayor desaparición de la fibra en detergente neutro y de la fibra en detergente ácido, y aún presentó las más altas tasas de degradación efectiva de estas fracciones. La avena fue el forraje que presentó mayor degradabilidad de la materia seca, de la fibra en detergente neutro, de la fibra en detergente ácido y de la proteína bruta en el rumen. El guandú, sin embargo, fue el forraje con las peores tasas de degradación.

En conclusión, la avena presentó mejores coeficientes de degradabilidad potencial y efectiva de la materia seca, fibra en detergente neutro, de la fibra en detergente ácido y de la proteína bruta en el rumen, en relación con los de la alfalfa, leucena y guandú. Después del período de incubación de 36 horas, las curvas de degradación presentan una tendencia constante, mostrando el potencial de degradación de la materia seca de cada forraje. El guandú presenta tasas de degradación inferiores a las de avena negra, alfalfa y leucena.

Garcia et al., (2002)

En su estudio titulado "Composición química y digestibilidad de alfalfa deshidratada destinada al comercio exterior".

Se realizó la investigación con el propósito de estudiar la composición química y la digestibilidad de la alfalfa deshidratada (humedad, cenizas, residuo insoluble, PC. FDN, FDA, hemicelulosa, lignina y celulosa).

Los resultados obtenidos fueron para humedad los valores oscilaron entre 7.20 y 15.44%, con un valor medio global de 11.88%; para cenizas entre 9.82 y 19.30% con un valor medio global de 13.25%; residuo insoluble de 2.10 a 4.5%; para proteína con valores que oscilan entre 8.14 y 22.69% con un valor medio global de 14.80; para FDN con valores de 32.62 y 63.92%, con un valor medio global de 49.12% ; para FDA 37.25% con valores que oscilaron entre 28.34 a 46.68%; lignina de 3.72 a 15.30% con un valor medio global de 8.06%; asimismo lignina 5.5 a 9.5% y celulosa que fluctuaron de 19.80 a 38.06% con un valor medio de 21.38%.

Las fluctuaciones de bajas calidades de las alfalfas provenientes de distintos centros de comercialización, por consecuencia las muestras se encuentran contaminadas.

Salcedo, (2002)

En su estudio de "Composición química y degradabilidad ruminal de la cebada cervecera utilizada como forraje", con el objetivo de determinar la composición química y degradabilidad ruminal de la materia seca (MS) y proteína bruta (PB) de la cebada

cervecera utilizada como forraje en cinco fases vegetativas de su crecimiento: inicio del espigado (C1), espigado (C2), grano lechoso (C3), grano pastoso (C4) y grano vítreo (C5). Los contenidos de proteína bruta oscilaron de 16,09% al inicio del espigado a 7,85% en estado de grano lechoso, manteniéndose constante hasta la fase de grano vítreo (8,32%). La materia orgánica digestible fue uniforme a lo largo del desarrollo vegetativo, con un valor medio de 62,72%. La degradabilidad efectiva de la materia seca en cada caso fue 67,45; 53,36; 47,61; 47,96 y 51,22% para C1, C2, C3, C4 y C5 respectivamente. La solubilidad de la proteína bruta desciende ($P<0.001$) a medida que la planta madura, con valores medios de 40,68; 38,25; 40,49, 35,39 y 33,80% en los estados ya citados. La degradabilidad efectiva de la proteína bruta fue semejante hasta el estado de grano lechoso, después desciende a 44,54% en la fase de grano vítreo. La relación nitrógeno degradable en rumen por MJ de EM disminuye de 1,49 en C1 a 0,67 en C5.

Klopfenstein et al., (2001)

En su trabajo de investigación titulado "Estimación de la degradación de la proteína forrajera en el rumen".

Las proteínas de forraje se degradan rápidamente por microorganismos del rumen y por lo tanto suministrar relativamente pequeñas cantidades de proteína de ingestión no degradada (UIP). Ganado en crecimiento con alta proteína metabolizable como la vaca lactante y las vacas lecheras responden a la suplementación con UIP cuando se alimenta con dietas con alto contenido de forraje, a pesar de que la proteína de ingesta degradable (DIP) es adecuada. Esta observación sugiere que una estimación precisa de forraje UIP es necesario para establecer una suplementación óptima, la proteína microbiana debe ser cuantificado en muestras de residuos duodenales o *In situ* para medir con precisión el forraje UIP

Las purinas son comúnmente utilizadas como un marcador de proteína microbiana. Informes recientes sugeridos que el procedimiento de purina original genera interferencia compuestos que reducen las estimaciones de microbios proteína. Un re análisis de muestras con una purina modificada procedimiento produjo tres o

cuatro veces más purinas en ambas muestras duodenales y residuos de NDF incubados *In situ*. Un procedimiento alternativo *In situ* elimina los microorganismos por reflujo con detergente neutro después de la incubación ruminal.

Esta alternativa se correlaciona altamente al procedimiento *In situ* corregido con purina, y es menos variable y más simple de realizar. La centrifugación diferencial puede ser inapropiado para obtener muestras limpias de microbios ruminales para la determinación de purina a N razón porque no representa asociado a partículas microorganismos. Sugerimos un método alternativo midiendo la proporción en la que se incuba NDF (*In situ)* y los microorganismos asociados a partículas pueden ser mesurados. La velocidad de paso se usa junto con la técnica *In situ* tasa de degradación para calcular UIP. Proponemos que un tiempo de retraso asociado con el paso debe ser agregado a ese cálculo.

La degradación sin paso (aplicando un desfase) redujo los valores de UIP del forraje con grandes grupos de UIP potencialmente disponibles. El análisis enzimático y la espectroscopía de reflectancia del infrarrojo cercano son prometedores para medir el UIP cuando el ganado fistulado no está disponible. Ambos son predictores útiles de UIP y necesitan más investigación de validación para establecer firmemente su eficacia. Los métodos sugeridos en este documento pueden mejorar la exactitud y la precisión de la estimación UIP. El procedimiento NDIN *In situ* parece ser un método simple y aceptable de determinación de UIP. Cuando se necesita la medición de purinas, se debe considerar el ensayo modificado descrito en este documento.

Martins et al., (1999)

En su investigación titulado “Degradabilidad ruminal *In situ* de la materia seca y proteína bruta de los silajes de maíz y sorgo y de algunos alimentos concentrados”, con el objetivo de determinar la degradabilidad ruinal *In situ* de alimentos concentrados.

La degradación ruminal de la materia seca (MS) y la de la proteína bruta (PB) de algunos alimentos fueron determinadas por la técnica *In Situ*, usando tres vacas Holandesas. Los alimentos concentrados fueron molidos en criba de 2 mm y los

voluminosos y la raspa de mandioca, en criba de 5 mm, e incubados en sacos de nylon (53µ).

La degradabilidad efectiva (DE) de MS (5% / h) de silaje de maíz, silaje de sorgo, maíz, sorgo, salvado de trigo, triticale, raspa de mandioca, pulpa cítrica, salvado de soja, salvado de algodón y harina de algodón, carne y huesos fue, respectivamente: 54,8; 46,0; 37,6; 54,3; 80,4; 88,7; 75,0, 67,5; 74,1; 65,9; y el 39,4%. Las degradaciones efectivas de la PB, 70,4; 67,9; 40,2; 42,7; 86,5; 89,3; 71,7; 62,1; 57,3; 81,4; y el 47,5%, respectivamente.

Salcedo, (1998)

Con su trabajo de investigación titulado "Valor nutritivo y degradabilidad ruminal de avena y vicia ", teniedo como objetivo, determinar la composición química y degradabilidad de la materia seca MS y proteína de dos forrajes de invierno, veza común (*Vicia sativa L*) var. 'Filón' y avena (*Avena sativa L*.) var. 'Previsión', en diferentes estados de su ciclo de vegetación, el tipo de investigación fue de tipo aplicado, nivel correlacional, método deductivo.

Los resultados más relevantes fueron que el contenido en proteína bruta resultó inferior en la avena que en la veza en todos los estados de madurez estudiados. La mayor tasa de fibra neutra detergente corresponde a la gramínea. El descenso en materia orgánica digestible es lineal a medida que avanza la maduración, alcanzando la gramínea 60,93% al inicio del espigado y 60,96% la veza en plena floración. Los parámetros degradativos de materia seca y proteína difieren entre especies, siendo de 59,89 y 76,98%; en la avena y 60,74 y 68,53%.

La conclusión que llegó el investigador fue, existe correlación entre el contenido de proteína y el de fibra ácido detergente respecto a la solubilidad de la materia seca y proteína, así como en la degradabilidad efectiva en ambas especies. Cuando se incluyan estos forrajes, sobre todo en los primeros estados vegetativos en las dietas de vacuno lechero, se sugiere la adición de algún carbohidrato fácilmente fermentable.

2.2. Bases teóricas conceptuales

2.2.1. Composición química

La composición química se refiere a qué sustancias están presentes en una determinada muestra y en qué cantidades (Mesanza, 1983).

2.2.2. Forraje

Alimento grosero, tales como la paja, el maíz o tallos de sorgo. Alimento que estimula la rumia debido a su tamaño de partícula largo y su alto contenido en fibra. En general, los forrajes se componen de las hojas y tallos (tallo de las plantas). Las bacterias del rumen, permite al rumiante digerir forrajes. (Pascual, 2013).

a. Alfalfa (*Medicago sativa L.*)

Es una especie de planta herbácea perteneciente a la familia de las fabáceas o leguminosae

Características:

La alfalfa es una leguminosa forrajera perenne de excelente valor nutritivo y se considera la especie con mayor contenido proteico usada en la alimentación animal, sus valores oscilan entre 20 a 28%.

Son hierbas perennifolias, sobre todo erectas a suberectas que alcanzan un tamaño de 30 - 60 cm de altura, requiere suelos profundos y fértiles y bien drenados para maximizar el potencial. Perennidad y hábito de crecimiento vertical hacen que sea un cultivo muy adecuado para la conservación como heno, ensilaje o en forma deshidratada. Por lo general productiva durante 4-6 años. Rango de cultivares con diferentes características ha extendido su capacidad de crecer en ambientes de muy seco a muy frío. Generalmente crecido en monocultivo. Tiene una mayor tolerancia a los suelos salinos que muchas otras especies forrajeras. (FAO, 2011).

b. Trébol rojo (*Trifolium pratense L.*)

El trébol rojo o trébol violeta (*Trifolium pratense L.*) es una planta leguminosa nativa de Europa, oeste de Asia y noroeste de África. Su cultivo parece datar de hacia los siglos S XVII y XVIII.

Se trata de una herbácea perenne de 10-60 cm de altura (puede alcanzar hasta los 110 cm) y pilosidad variable. Presenta hojas trifoliadas con foliolos ovalados, blandos, de grandes dimensiones (1-3 cm de longitud y 8 - 15 mm de ancho), con dos estípulas basales estrechadas en arista, un peciolo de 1-4 cm de longitud y de color verde con un característico pálido creciente en la mitad más afuera de la hojuela. Se disponen alternamente. (Chedraui, 2013)

***c.* Avena forrajera (*Avena sativa L.*)**

La Avena es una planta herbácea anual, perteneciente a la familia de las gramíneas. Posee raíces más abundantes y profundas que las de los demás cereales; los tallos son gruesos y rectos, pueden variar de medio metro hasta metro y medio, están formados por varios entrenudos que terminan en gruesos nudos; las hojas son planas y alargadas; su borde libre es dentado, el limbo de la hoja es estrecho y largo; la flor es un racimo de espiguillas, situadas sobre largos pedúnculos y el fruto es en cariópside, con las glumillas adheridas. (Garcia, 2007).

d. Dactylis (*Dactylis glomerata L.)*

Dactylis (dáctilo o pasto ovillo) es una gramínea perenne, nativa de Europa y con importancia como planta forrajera. Planta perenne de 30-150 cm, cespitosa. Tallos y vainas foliares comprimidos en su base. Hojas con lígula larga. Inflorescencia en panícula unilateral, de alargada a ovada, en ocasiones con las ramas basales separadas del resto y alargadas. Espiguillas comprimidas, en grupos densos y unilaterales en el extremo de las ramas. Glumas más cortas que el conjunto de las 2-5 flores que hay por espiguilla. Glumas y lemas lanceolados, agudos. (Lindner, 2002).

2.2.3. Alimentos concentrados

Alimentos que aportan una alta concentración de nutrientes utilizables por el animal por unidad de volumen. Suelen ser alimentos con bajo contenido en fibra (menor del 18% FB). Si tienen un alto contenido en proteína bruta (mayor del 20% PB) se conocen como concentrados proteicos como las semillas oleaginosas (soya, algodón, maní) llamados concentrados proteicos y si no, como concentrados energéticos como los cereales.

a. Pasta de algodón (*Gossypium hirsutium L.*)

Gossypium hirsutum L. es una planta herbácea anual que alcanza de 60 a 150 cm de altura. El eje del tallo es verde, a veces rojizo y tiene una pilosidad simple. Las hojas son lobuladas, raramente llegan a tener cinco lóbulos de forma más o menos triangular. El limbo mide de 5 a 10 cm de largo, el ancho es ligeramente más grande que la longitud. La base de la hoja tiene forma de corazón. El pecíolo tiene 3-10 cm de largo. Los pecíolos y las hojas son pilosos. (AFPD, 2008).

b. Cebada molida (*Hordeum vulgare L.)*

Hordeum vulgare, la cebada, es una planta monocotiledónea anual perteneciente a la familia de las poáceas (gramíneas); a su vez, es un cereal de gran importancia tanto para animales como para humanos y es el quinto cereal más cultivado en el mundo (53 millones de hectáreas o 132 millones de acres).

Planta de 20-120 cm. Hojas con 15-20 nervios, liguladas y con grandes aurículas. Inflorescencia en espiga, con tres espiguillas en cada nudo del raquis. Espiguillas con una flor cada una; puede ser fértil solo la flor central (cebada de dos carrera) o las tres flores (cebada de cuatro y seis carreras). Las glumas son pequeñas, acuminadas, lema con arista muy larga, escábrida, estrechamente unida al pericarpio junto a la palea. (GRIN, 2007).

2.2.4. Vacuno raza Brown Swiss

Es la raza bovina que mejor se adapta a la altura y está ampliamente distribuida en la sierra. En el Perú, la raza Brown Swiss es la raza más extendida desde el nivel del mar hasta 4000 m.s.n.m., su rusticidad y adaptación a

diferentes sistemas de crianza han hecho una raza de elección, aproximadamente se estima una población mayor a 1.5 millón de animales, siendo considerado como una fuente de genética muy importantes en el Mundo. (Asociación BROWN SWISS del Perú, 2012)

2.2.5. Degradabilidad y la digestibilidad

El conocimiento de la degradabilidad y la digestibilidad de los alimentos son fundamentales para establecer su valor nutritivo por tanto, para la formulación de raciones para rumiantes (Bochi-Brum et al., 1999).

La digestibilidad hace referencia a la cantidad de alimento que desaparece en el tracto digestivo o en un procedimiento de laboratorio debido a su solubilización o ataque por los microorganismos anaerobios ruminales; mientras que, la degradabilidad hace referencia a la cantidad de alimento que se descompone en sus elementos integrantes, mediante procesos biológicos o químicos. A diferencia de la degradabilidad, la digestibilidad de los forrajes permite estimar la proporción de nutrientes presentes en el alimento (Giraldo et al., 2006).

2.2.6. Degradabilidad ruminal *In situ*

La técnica *In situ* consiste en colocar la muestra en bolsas sintéticas e incubarlas en el rumen de animales fistulados para obtener el grado de degradabilidad. (Mehrez y Ørskov, 1977).

Los alimentos ingeridos por los animales desaparecen del tracto gastrointestinal ya sea a través de los procesos de digestión, absorción y/o flujo de pasaje del contenido digestivo. Consecuentemente la degradación que sufre un alimento en el compartimento dado o en el tracto total (Van Soest, 1982).

La tasa de degradación de un alimento se refiere a la cantidad de sustrato que puede ser degradado por unidad de tiempo. La estimación de las tasas de degradación de una fracción dada, requiere el describir matemáticamente la degradación o desaparecimiento de dicha fracción en función del tiempo, para lo cual se obtiene el proceso de digestión *In situ* a intervalos previamente establecidos, los cuales varían en función del tipo de

alimento y de la fracción cuya tasa de degradación se pretende evaluar (Van Soest, 1982).

La evaluación del valor nutritivo de los alimentos se realiza con el uso de bolsas de fibra artificial (bolsa dracon, bolsa de nylon, bolsa ruminal), la cual provee una poderosa herramienta para la evaluación inicial de los alimentos ya para mejorar nuestro entendimiento del proceso de degradación que ocurre dentro del rumen, indica también que puede usarse para mejorar nuestra comprensión de los procesos de fermentación del rumen (Orskov et al., 1980).

Factores que afectan la degradabilidad *In situ:*

Uden y Van Soest, (1984) evaluaron las fuentes de variación en la estimación de la degradabilidad de la materia seca (MS) y de la proteína bruta (PB), encontrando como las más importantes:

- Tamaño de poro de la bolsa.
- Tamaño de partícula de la muestra (grado de molienda).
- Relación entre la cantidad de muestra y tamaño de la bolsa.
- Secuencia de introducción de las bolsas al rumen.
- Posición de las bolsas en el rumen.
- Tiempo de incubación ruminal de las bolsas.
- Uso de repeticiones.
- Variaciones debidas a periodos y animales.
- Dieta de los animales.

Tiempo de Incubación

El tiempo de Incubación variará de acuerdo al material que se esté incubando (Orskov y McDonald, 1979).

Aquino, (1996), refiere la importancia de poder establecer el tiempo de incubación de acuerdo a los objetivos de estudio, por lo que no es posible generalizar el tiempo que un determinado alimento debe permanecer en el rumen.

Los puntos señalados son algunas recomendaciones que se deben tomar en cuenta en cualquier trabajo de investigación, donde se utilice la técnica de degradación ruminal, para poder aumentar la precisión de las mediciones "*In situ"*. Pero para que esto suceda, se requiere que la información provenga de un método estándar. Para poder crear tablas donde se pueda tabular la información citado por (Merlo et al., 2007).

2.2.7. Cinética de degradación en el rumen

Los alimentos que ingieren los rumiantes se acumulan en el rumen. Donde se fraccionan por mecanismos físicos como la re masticación, degradados por microorganismos que existen en el rumen y luego de un periodo de residencia salen del rumen a través del orifico retículo omasal. El aprovechamiento de los nutrientes del alimento por el rumiante, especialmente en el caso de pastos y forrajes, está en función de estos procesos. Entender la dinámica de la cinética de la digestión ruminal y del paso de los alimentos a través del rumen puede ayudar a establecer estrategias de manejo de la alimentación de tal modo que se pueda mejorar la producción de los rumiantes. (Rosero y Rendon, 2014)

2.3. Formulación de hipótesis

La Composición química y la cinética de la degradabilidad ruminal *In situ* de los forrajes solos, forrajes asociados y los alimentos concentrados difieren en cuanto a su composición química y en cuanto a la cinética de la degradabilidad ruminal *In situ*.

2.4. Definición de términos básicos

2.4.1. Degradabilidad: hace referencia a la cantidad de alimento que se descompone en sus elementos integrantes, mediante procesos biológicos o químicos (Giraldo et al., 2006).

2.4.2. *In Situ*: Es una expresión latina que significa en el sitio o en el lugar y que es generalmente utilizada para designar un fenómeno observado en el lugar, o una manipulación realizada en el lugar.

2.4.3. Degradabilidad efectiva: Suma de la fracción soluble y de la parte potencialmente degradable que realmente se degrada, teniendo en cuenta la velocidad de degradación y el tiempo de permanencia del alimento en el rumen del animal.

2.4.4. Degradabilidad potencial: Suma de la fracción soluble y de la fracción potencialmente degradable del alimento.

2.4.5. Proteína bruta: Valor teórico asignado al contenido en proteína de un alimento y obtenido multiplicando su contenido en nitrógeno por 6,25. Este cálculo considera que todo el nitrógeno está presente en forma de proteína y que esta tiene un 16% de nitrógeno como media.

2.4.6. Materia seca: Contenido del alimento tras su desecación en estufa a 103ºC hasta peso constante o, en su defecto, durante 24 horas.

2.4.7. Forraje: Parte vegetativa de las plantas que se utiliza en la alimentación del ganado, una vez cortada o segada, bien directamente o bien conservada (henificada o ensilada).

2.5. Identificación de variables

Variables de estudio:

3.1.1. Variable 1

- Composición química

3.1.2. Variable 2

- Cinética de la degradabilidad.

2.6. Operacionalización de variables

Tabla 1. Definición operativa de variables

Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores
1. Composición química	La composición química se refiere a que sustancias están presentes en una determinada muestra y en qué cantidades.	**Forrajes solos** (alfalfa y avena) **Forrajes asociados** (alfalfa + trébol rojo y alfalfa + dactylis) **Alimentos concentrados** (pasta de algodón y cebada molida)	MS (%), PC (%), FDN (%) y FDA (%)
2. Cinética de la degradabilidad	Los alimentos que ingieren los rumiantes se acumulan en el rumen, donde se fraccionan por mecanismos físicos como la re masticación, degradados por microorganismos que existen en el rumen a través del orificio retículo omasal.		

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación básica se refiere a la búsqueda de nuevos conocimientos y campos de la investigación mantiene como propósito recoger información de la realidad para enriquecer el conocimiento científico (Sánchez, 2004).

La presente investigación pertenece a la investigación de tipo básica ya que buscamos generar y enriquecer el conocimiento científico mediante la evaluación de la composición química y cinética de la degradabilidad ruminal en bovinos, de forrajes solos, forrajes asociados y alimentos concentrados.

3.2. Nivel de Investigación

El nivel de investigación descriptiva se basa en la descripción de datos, rasgos y características fundamentales de la unidad en estudio o fenómeno en estudio, realizando descripciones detalladas según el objetivo (Marroquin, 2013)

El presente trabajo de investigación pertenece al nivel de investigación descriptiva, puesto que describe las características encontradas mediante la metodología (AOAC, 1990), permitiéndonos evaluar la composición química de los forrajes solos, forrajes asociados y alimentos concentrados, asimismo, mediante la técnica *In situ* nos permite describir la cinética de la degradabilidad de la materia seca (MS), proteína cruda (PC), fibra en detergente neutro (FDN), fibra detergente ácida

(FDA) de forrajes solos, forrajes asociados y alimentos concentrados. (Hernández et al., 2016).

3.3. Método de investigación

Es el plan o estrategia, que indica que se hizo en el contexto particular para alcanzar los objetivos del estudio, contestar interrogantes planteadas y contrastar las hipótesis formuladas. Esta fase es de gran importancia ya que un correcto diseño otorga mayores posibilidades de obtener resultados válidos (Sánchez, 2004).

La investigación tuvo un método de investigación general científica ya que es el conocimiento que se obtendrá será a partir de la aplicación de procedimientos detallado y muy riguroso, y como método específico sintético (descriptivo), de un enfoque cuantitativo, donde se realizó una investigación en búsqueda de nuevos conocimientos.

3.4. Esquema de investigación

La siguiente tabla muestra la distribución de 3 vacunos con sus 2 repeticiones (R1 y R2) de los 6 insumos, considerados como forrajes solos (alfalfa y avena), forrajes asociados (alfalfa + trébol rojo y alfalfa + dactylis) y los alimentos concentrados (pasta de algodón y cebada molida).

Con sus respectivos 8 tiempos de incubación para forrajes solos y forrajes asociados (0, 4, 8,12, 24, 48, 72 y 96 horas) y para los alimentos concentrados tenemos 7 tiempos de incubación (0, 2, 4, 8, 12, 24 y 48 horas).

Tabla 2. Esquema de investigación.

Forrajes	Vacuno N° 01		Vacuno N° 02		Vacuno N° 03	
	R1	R2	R1	R2	R1	R2
Alfalfa	0	0	0	0	0	0
	4	4	4	4	4	4
	8	8	8	8	8	8
	12	12	12	12	12	12
	24	24	24	24	24	24
	48	48	48	48	48	48
	72	72	72	72	72	72
	96	96	96	96	96	96
Avena	0	0	0	0	0	0
	4	4	4	4	4	4
	8	8	8	8	8	8
	12	12	12	12	12	12
	24	24	24	24	24	24
	48	48	48	48	48	48
	72	72	72	72	72	72
	96	96	96	96	96	96
Alfalfa + Trébol rojo	0	0	0	0	0	0
	4	4	4	4	4	4
	8	8	8	8	8	8
	12	12	12	12	12	12
	24	24	24	24	24	24
	48	48	48	48	48	48
	72	72	72	72	72	72
	96	96	96	96	96	96
Alfalfa + Dactylis	0	0	0	0	0	0
	4	4	4	4	4	4
	8	8	8	8	8	8
	12	12	12	12	12	12
	24	24	24	24	24	24
	48	48	48	48	48	48
	72	72	72	72	72	72
	96	96	96	96	96	96
Pasta de algodón	0	0	0	0	0	0
	2	2	2	2	2	2
	4	4	4	4	4	4
	8	8	8	8	8	8
	12	12	12	12	12	12
	24	24	24	24	24	24
	48	48	48	48	48	48
Cebada molido	0	0	0	0	0	0
	2	2	2	2	2	2
	4	4	4	4	4	4
	8	8	8	8	8	8
	12	12	12	12	12	12
	24	24	24	24	24	24
	48	48	48	48	48	48

Fuente: Elaboración propia

3.5. Población y muestra

3.1.1. Población

La población fue constituida por 4 forrajes y dos concentrados, (alfalfa, avena, alfalfa + trébol rojo y alfalfa + dactylis), (pasta de algodón y cebada molida, que fueron recolectados de las cuatro provincias: Huaytará, Acobamba, Tayacaja y Huancavelica.

3.1.2. Muestra

Para los forrajes se recolectó 4kg de alfalfa, 4kg de avena, 4kg de alfalfa + trébol rojo y 4kg de alfalfa + dactylis en base fresca, provenientes de cada provincia. Donde se extrajo 125 gramos de muestra deshidratada y molida de cada provincia, haciendo un total de 500 gramos de muestra por población.

Asimismo, para los concentrados se extrajo 500gr de muestra de una población de 5 kg, tanto para la pasta de algodón y cebada molida.

De los cuales para la composición química tenemos una cantidad de 16 gramos (molido a 1mm) ya sea para alfalfa, avena, alfalfa + trébol rojo, alfalfa + dactylis, pasta de algodón y cebada molida para el análisis de PC, FDN y FDA.

Una cantidad de 384 gramos fue utilizada para la degradabilidad ruminal *In situ* (molido a 3mm) ya sea para alfalfa, avena, alfalfa + trébol rojo, alfalfa + dactylis, pasta de algodón y cebada para determinar la degradabilidad de la MS, PC, FDN y FDA.

3.6. Técnica e instrumento de recolección de datos

Para la composición química: las muestras fueron recolectados de las 4 provincias de Huancavelica (Huaytará, Acobamba, Tayacaja y Huancavelica) entre los meses de febrero – abril, considerados como la época lluviosa, haciendo un corte con hoz a 5cm del ras del suelo de cada uno de los forrajes, encontrando a los forrajes a 10% de floración, recolectando 4kg de forraje fresco de cada provincia, 1kg de muestra por distrito (se extrajo de 4 distritos por provincia), haciendo un total de 16 kg de forraje

fresco por las cuatro provincias para la alfalfa a 10% de floración, 16 kg de forraje fresco para la avena a 10% de floración, 16 kg de forraje fresco para la alfalfa + trébol rojo (proporción 50:50) a 10% de floración, 16 kg de forraje fresco para la alfalfa + trébol rojo (proporción 50:50) a 10% de floración, estos forrajes frescos se picaron a 5 cm para su posterior deshidratación, posterior a ello, las muestras de mesclaron homogéneamente teniendo una sola muestra por los 4 provincias, para el caso de alfalfa tenemos la suma de 125 gramos de muestra deshidratada y molida proveniente de Huaytará, 125 gramos de muestra deshidratada y molida proveniente de Acobamba, 125 gramos de muestra deshidratada y molida proveniente de Tayacaja y 125 gramos de muestra deshidratada y molida proveniente de Huancavelica, haciendo un total de 500 gramos de una mezcla homogénea por insumo para la alfalfa, de modo similar tenemos para los demás muestras.

Por otro lado tenemos el caso de los alimentos concentrados, se extrajo la misma cantidad de 500 gramos de una población de 5kg para su posterior análisis de composición química mediante la metodología descrita pos AOAC, (1990).

Para la cinética de la degradabilidad ruminal *In situ.* Tenemos una cantidad de 384 gramos de muestra por insumo de una población de 500 gramos, estas mismas muestras que llegaron de las 4 provincias continua para la degradabilidad, tenemos a la alfalfa, avena, alfalfa + trébol rojo, alfalfa + dactylis, pasta de algodón y cebada, fue utilizado la técnica *In situ* y los parámetros cinéticos mediante las ecuaciones descritas por Orkov y McDonal, (1979) y AFRC, (1993).

3.7. Procedimientos de recolección de datos

Para la composición química. Se recolectaron las muestras de las cuatro provincias un total de 20 kg de cada uno de los forraje solos, forrajes asociados en base fresco y 5 kg de cada alimento concentrado, ya sea para pasta de algodón y cebada molida, se procedió a su deshidratación en la estufa a 65°C por 72 horas para su posterior análisis de composición química de MS, PC, FDN y FDA

Para la cinética de la degradabilidad ruminal. Se utilizó tres bovinos machos de la raza Brown Swiss, provistos de cánulas ruminales permanentes, entre 3 y 4 años y

peso medio de 450 kg. Los animales permanecieron estabulados en bayas individuales de 2m x 3m. Las bayas de postes de madera, cubiertas con plástico y con piso de concreto. El comedero, con 2 m lineales/baya y el bebedero con capacidad de 100 litros de agua, localizados en la parte cubierta.

El período de adaptación fue de 12 días, durante el cual los animales fueron alimentados con una dieta de partes iguales de alfalfa (*Medicago sativa*) y heno de avena (*Avena sativa L.*), suministrados dos veces al día (8 y 17 horas), disponiendo de agua y sal mineral a voluntad.

Los tratamientos consistieron en: T_1 = alfalfa (A); T_2 = avena forrajera (AF) (A – TR); T_3 = alfalfa + trébol rojo, proporción 50:50; T_4 = alfalfa + dactylis, proporción 50:50 (A - D). T_5 = pasta de algodón (PA); T_6 = cebada molida (CM).

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

De los forrajes solos, forrajes asociados y alimentos concentrados. La composición química de las muestras de cada uno de los tratamientos a evaluar estuvieron pre-deshidratadas en estufa de ventilación forzada de aire a 65°C durante 72 horas y molidas en molino Willy en tamiz de 1 mm para posterior análisis de Materia seca (MS), proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), siguiendo la metodología descrita por AOAC (1990) y Van Soest et al., (1991). El resto de las muestras se molieron en tamiz de 3 mm para posterior estudio de la degradabilidad *In situ.*

De la degradabilidad. Para los parámetros de cinética de degradación ruminal de la MS, PC, FDN y FDA se calcularon mediante la ecuación descrita por propuesto por (Orskov y McDonald, 1979), citado por (Berchielli et al., 2011):

$$Deg(t) = a + b \times (1-\exp(-c \times t)))$$

Dónde: Deg(t) = representa la degradabilidad o desaparecimiento del nutriente (MS, PC, FDN o FDA) del alimento (%); a = es la fracción del alimento soluble en agua en el tiempo cero (%); b = es la fracción insoluble en agua, pero potencialmente

degradable en determinado tiempo (%); c = es la tasa de degradación potencialmente degradable (b); t = es el tiempo de incubación (horas); donde $a + b \leq 100$.

Los parámetros no lineares a, b y c se estimaron con el aplicativo Solver de Microsoft Excel. La degradabilidad efectiva de la MS (DEMS), de la PC (DEPC), FDN (DEFDN) y FDA (DEFDA) en el rumen se calculó por intermedio de la ecuación de (Orskov y McDonald, 1979):

$$De = a + (b \times c/c + k)$$

Dónde: k = es la tasa estimada de pasaje de las partículas en el rumen y los demás parámetros fueron descritos en la ecuación anterior.

La degradabilidad efectiva de las variables analizadas (MS, PC, FDN y FDA) fue estimada para cada alimento, considerándose la tasa de pasaje de sólidos por el rumen de 2, 5 y 8 %/h, que puede ser atribuido en el nivel de consumo alimenticio bajo, medio y alto, según (AFRC, 1993).

3.9. Ámbito de estudio

De los 6 insumos que provinieron de las 4 provincias, los ensayos de degradabilidad se llevaron a cabo en el laboratorio de Nutrición Animal y Evaluación de Alimentos de la Escuela Profesional de Zootecnia de la Facultad de Ciencias de Ingeniería de la Universitario de la Universidad Nacional de Huancavelica a 3 700 m.s.n.m. en comprensión al Distrito, Provincia, Departamento y Región de Huancavelica.

La incubación ruminal fue realizada en las instalaciones de la Escuela Profesional de Zootecnia (EPZ) de la Facultad de Ciencias de Ingeniería perteneciente a la Universidad Nacional de Huancavelica (UNH), ubicada en el distrito, provincia y región de Huancavelica. Localizada geográficamente a 12°46'57" de latitud sur y 74°58'21" longitud oeste. La Altitud sobre el nivel del mar es 3704 m. Huancavelica se clasifica como región suni cuya precipitación media anual es de 70mm/año y una temperatura media anual de 7 y 11°C

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Presentación, análisis e interpretación de Resultados

Para la descripción e interpretación de datos obtenidos luego de la parte experimental, se determinó la composición química y parámetros cinéticos de la degradabilidad ruminal *In situ* de la materia seca (MS), proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) de los forrajes solos: 1) alfalfa (proporción 100); 2) avena (proporción 100); forrajes asociados: 3) alfalfa + trébol rojo (proporción 50:50) y 4) alfalfa + dactylis (proporción 50:50); y de los alimentos concentrados: 5) pasta de algodón (proporción 100) y 6) cebada molida (proporción 100).

En este capítulo presento los resultados obtenidos, para lo cual se utilizaron software estadístico Microsoft Excel 2016, siendo representados en tablas, estando respondiendo de acuerdo a los objetivos de investigación, cuyos resultados se presentan a continuación.

4.2. Composición química de forrajes solos, forrajes asociados y alimentos concentrados

A continuación tenemos los resultados del trabajo de investigación para la composición química de los forrajes solos, forrajes asociados y alimentos

concentrados, que fueron agrupados es tres grupos de dos que se puede visualizar en la tabla 3.

Tabla 3. Composición química de forrajes solos, forrajes asociados y alimentos concentrados.

Forrajes	Composición química (%)			
	MS	PC	FDN	FDA
Forrajes solos				
Alfalfa (100)	20.19	24.84	38.02	28.67
Avena (100)	27.12	6.17	56.97	34.17
Forrajes Asociados				
Alfalfa + trébol rojo (50:50)	18.29	22.12	37.1	27.01
Alfalfa + dactylis (50:50)	11.18	12.4	52.14	43.68
Alimentos Concentrados				
Pasta de algodón (100)	90.23	29.39	24.41	14.36
Cebada molida (100)	89.46	9.16	37.55	16.57

Fuente: Elaboración propia

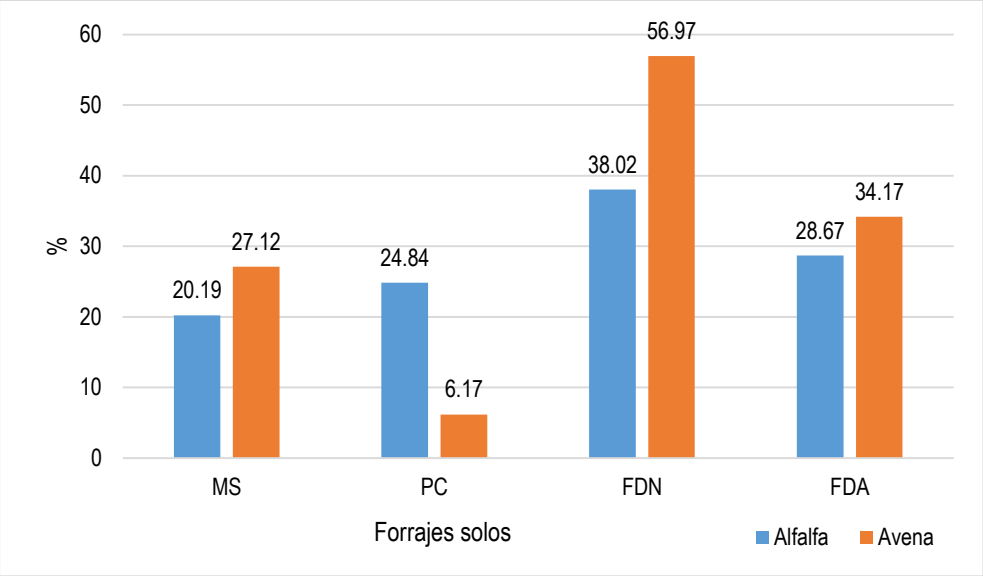
A. Composición química de los forrajes solos

En la composición química de los forrajes solos (ver figura 1) destaca la avena por su alto contenido de materia seca (MS) con 27.12%, a comparación de la alfalfa con valores de MS 20.19%, mostrando valores diferentes para la avena por (Salcedo Diaz, 1998) con MS de 13.60% en la etapa de inicio espigoso; en tanto a la proteína cruda (PC), tal como se esperaba destaca la alfalfa con 24.84% PC, mostrando valores inferiores la avena con 6.17% con valores superior encontrados para la avena por (Salcedo Diaz, 1998) con 11.48 % de PC, de modo similar encontrados para la alfalfa por (Garcia et al, 2002) con 22.69% de PC; pudo apreciarse que para la fibra detergente neutra (FDN) y fibra detergente acida (FDA) de la avena mostro superioridad con 56.97% y 34.17% respectivamente, con valores cercanos para (Salcedo Diaz, 1998) de FDN 59.81 % y FDA 32.72 % , frente a la alfalfa con 38.02% FDN y 28.67% FDA, con resultados cercanos para la alfalfa por (Garcia et al., 2002) que variaron de 32.62 % y 63.92 % de FDN y para la FDA encontró valores que oscilaron de 28.34 % y 46.68 % de FDA.

Por otro lado, Apráez et al., (2014) encontró para la avena los siguientes resultados de la composición química. Para MS 13.10%, PC 12.80%, FDN 51.50% y

FDA 28.70%, influyendo el tipo de suelo, clima, etapa de corte entre otras para registrar valores altos en PC y FDN, pero con valores cercanos para FDA.

Figura 1. Composición química de los forrajes solos (alfalfa y avena).



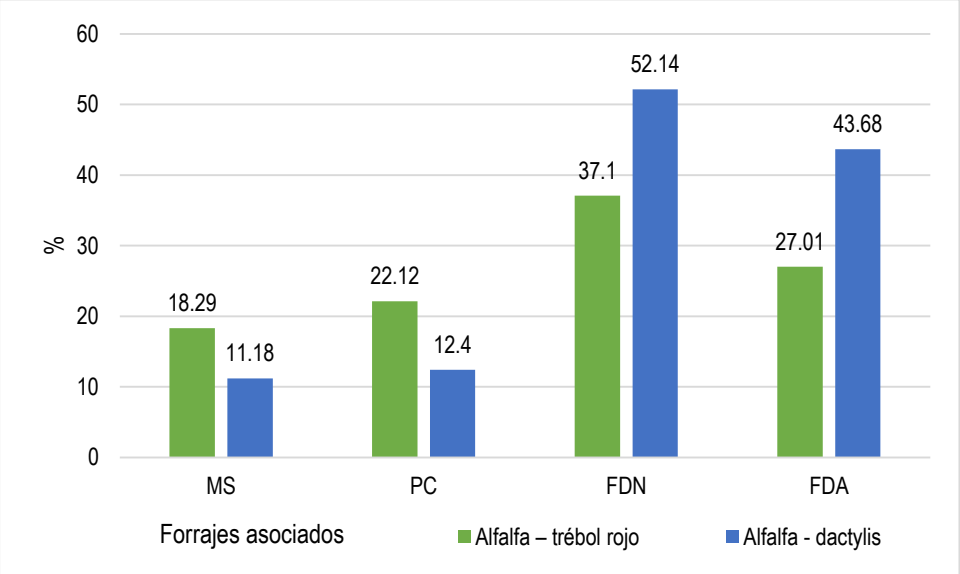
Fuente: Elaboración propia

B. Composición química de los forrajes asociados

En cuanto a la composición química de los forrajes asociados (ver figura 2) sobresale la asociación de alfalfa + trébol rojo con MS de 18.29%, frente a la asociación de alfalfa + dactylis con valores inferiores de 11.18% de MS; de la misma forma para la PC destaca la asociación alfalfa + trébol rojo 22.12% frente a un valor muy inferior de 12.40% de la asociación alfalfa + dactylis; en cuanto a la FDN y FDA sobresalen la asociación alfalfa + dactylis con valores encontrados de 52.14% y 43.68% respectivamente, frente a 37.10% de FDN y 27.01% de FDA para la asociación alfalfa + trébol rojo; por otro lado tenemos a la investigación de Apráez et al., *(*2014) con la asociación de forrajes saboya (*Holcus Lanatus L.)*, azul orchoro (*Dactylis glomerata L.)* y trébol rojo *(Trifolium pratense L.)*, en proporciones de 60%, 35% y 5% respectivamente, con resultados de 19.40%, 16.50%, 54.30% y 30.20% de la MS, PC, FDN y FDA respectivamente, por otro lado tenemos también a las asociaciones de saboya (*Holcus Lanatus L.)* 60%, aubade (*lolium hibridu*)25%, kikuyo (*pennisetum clandestinum*) 10% y trébol rojo *(Trifolium pratense L.)* 5% para

la MS 10.10%, PC 15.40%, FDN 61.80% y FDA 32.20%, influyendo la altitud, tipo de suelo y la etapa fenológica para la recolección de las muestras en los resultados obtenidos.

Figura 2. Composición química de los forrajes asociados (alfalfa + trébol rojo y alfalfa + dactylis).



Fuente: Elaboración propia

C. Composición química de los alimentos concentrados

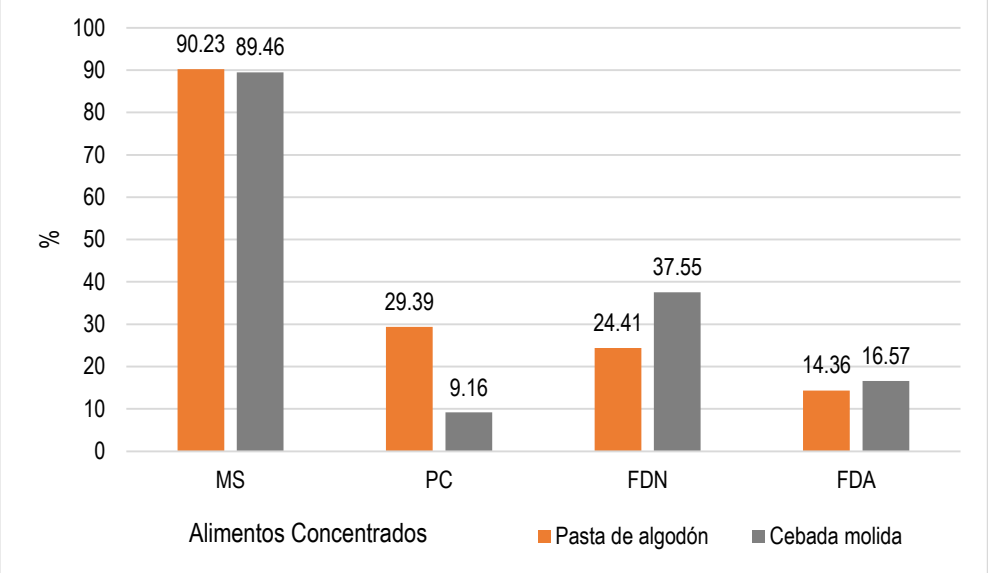
En tanto a la composicion quimica de los concentrados, tal como se esperava podemos encontrar que tanto la pasta de algodón y la cebada molida mostraron resultados similares en MS 90.23 % y 89.46 % respectivamente, con datos muy cercanos para la cebada encontrados por Alagón, (2012) de 90.29% de MS, de modo similar encontro Pinos et al., (2005) para pasta de algodón con 90.87% de MS, haciendo una semejansa en los datos encontrados por poseer poca presencia de agua.

En el presente estudio se encontró 9.16 % de PC, para la cebada molida; Salcedo, (2002) encontró 8.32% de PC en grano vitreo de la cebada, de modo similar encontró Alagón, (2012) con 9.98% de PC para la cebada. En nuestra investigación para la cebada molida, la fibra detergente neutra y fibra detergente acida se encontró

37.55% y 16.57% respectivamente, datos similares encontrados por Alagón, (2012) con valores de 36.96% para FDN y 17.24% para FDA para la cebada en grano vítreo.

En cuanto a la pasta de algodón tenemos en PC 29.39 % tal como se esperava ya que es un alimento concentrado netamente proteico, y para su FDN 24.41% y FDA 14.36 %, estos resultados con muy cercanos encontrados por Pinos et al., (2005), con valores de 28.85% de PC, 26.57% de FDN y 15.32% de FDA, en su estudio de pasta de algodón.

Figura 3. Composición química de los alimentos concentrados (pasta de algodón y cebada molida)



Fuente: Elaboración propia

4.3. Degradabilidad *In situ* de los nutrientes de los forrajes solos, forrajes asociados y alimentos concentrados.

Los porcentajes medios de las degradabilidades de la MS, PC, FDN y FDA de la alfalfa, avena, alfalfa + trébol rojo, alfalfa + dactylis y los alimentos concentrados pasta de algodón y cebada molida, pueden ser observadas en el Tabla 4.

Tabla 4. Porcentaje medio de la degradación ruminal de la materia seca (MS), proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) en los tiempos de incubación ruminal (horas) de los forrajes solos, forrajes asociados y alimentos concentrados.

	Forrajes solos							
Tiempo de incubación (h)	Alfalfa (100)				Avena (100)			
	MS %	PC %	FDN %	FDA %	MS %	PC %	FDN %	FDA %
0	17	49	16	23	20	49	17	21
4	23	57	20	27	26	75	21	24
8	30	63	26	32	32	79	24	27
12	35	68	34	35	38	80	26	30
24	49	80	42	45	51	80	34	37
48	68	91	56	56	67	80	46	48
72	79	95	63	63	75	80	56	56
96	85	97	66	66	80	80	62	62
	Forrajes asociados							
Tiempo de incubación	**Alfalfa + Trébol rojo (50:50)**				**Alfalfa + Dactylis (50:50)**			
	MS %	**PC %**	**FDN %**	**FDA %**	**MS %**	**PC %**	**FDN %**	**FDA %**
0	9	48	8	13	20	18	23	50
4	18	61	14	18	36	44	28	53
8	27	66	20	23	47	60	31	55
12	34	70	25	27	56	70	35	57
24	51	77	38	38	69	83	44	62
48	71	86	54	53	77	87	56	70
72	81	89	63	62	79	87	64	75
96	85	91	68	68	79	87	69	78
	Alimentos concentrados							
Tiempo de incubación	**Pasta de algodón (100)**				**Cebada molida (100)**			
	MS %	**PC %**	**FDN %**	**FDA %**	**MS %**	**PC %**	**FDN %**	**FDA %**
0	26	55	45	44	5	33	68	67
2	33	68	46	45	44	49	71	70
4	39	76	47	47	66	59	73	72
8	46	83	49	49	83	69	77	76
12	50	86	50	51	88	73	79	79
24	54	87	54	53	90	76	83	83
48	55	88	59	55	90	76	85	84

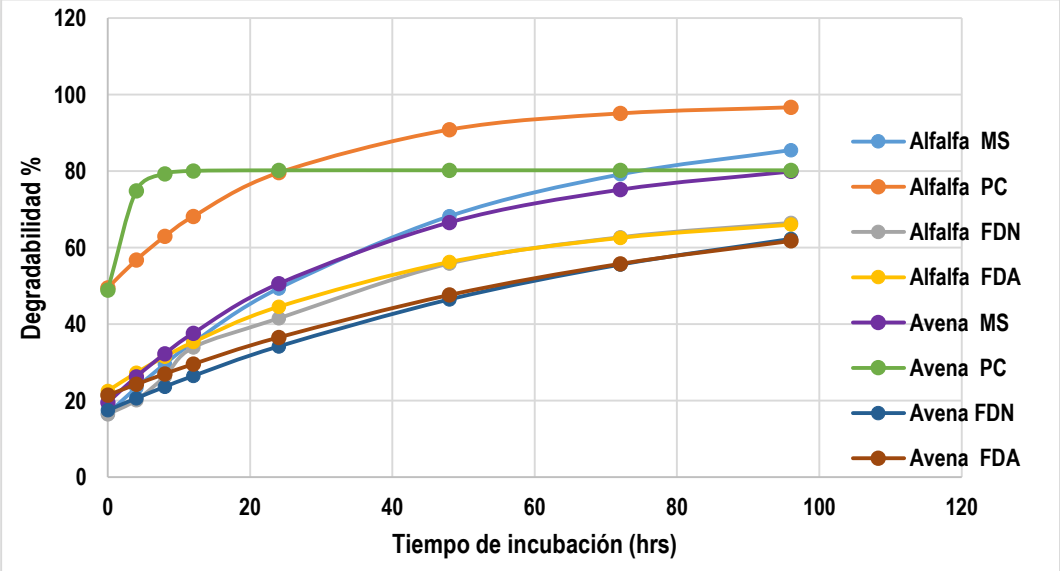
Fuente: Elaboración propia

Las degradabilidades medias de la MS, PC, FDN y FDA alcanzaron los mayores valores en su mayoria, prácticamente a las 48 horas. A lo largo de los tiempos de incubación, fue observada estabilización de las medias de la degradabilidad de la MS,

PC, FDN y FDA a partir de las 72 horas, mostrando que incubaciones por 96 horas fueron suficientes en alcanzar los valores máximos de desaparecimientos de la MS, o sea, la asíntota.

Para el grupo de los forrajes solos (alfalfa y avena) se puede observar que la fracción soluble presentaron resultados similares para ambas especies, de modo similar, las degradabilidades a las 96 horas presentaron resultados similares en tanto para MS, PC, FDN y FDA, resultando que la avena se estabilizó a las 12 horas para la PC, observando degradabilidad de PC en la alfalfa hasta en un 97% frente a la avena en un 80%.

Figura 4. Porcentaje medio de la degradación ruminal de la materia seca (MS), proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) de forrajes solos en los tiempos de incubación (horas).

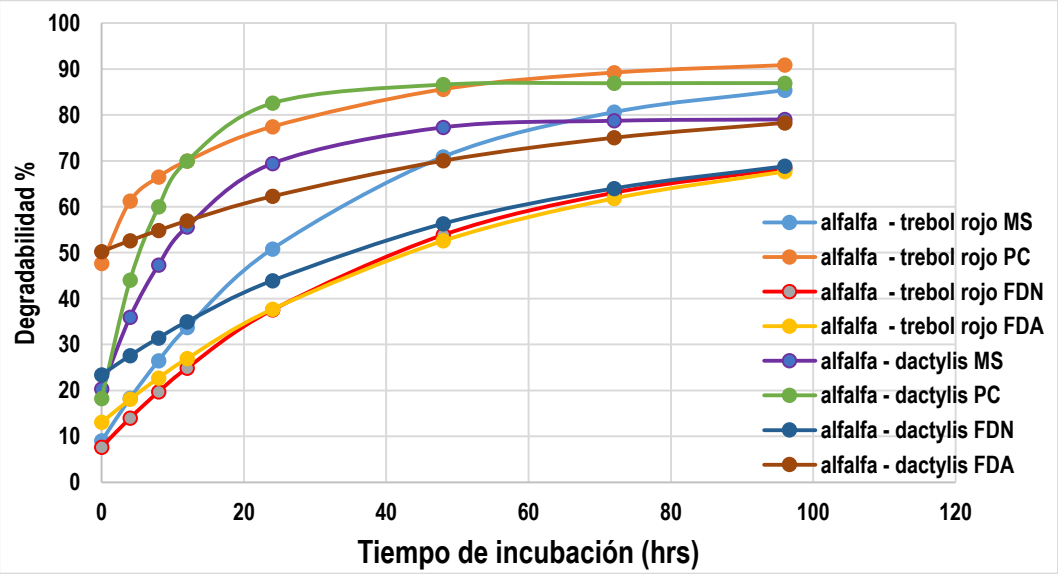


Fuente: Elaboración propia

Las degradabilidades medias de la PC de los forrajes asociados alcanzaron los mayores valores a partir de las 48 horas. La pared celular fue degradada hasta en un 96% en la alfalfa + dactylis, observándose valor similar de 68% para la alfalfa + trébol rojo. La asociación alfalfa + dactylis presento la mayor degradabilidad 78% de la

fracción insoluble de la FDA, con valores similares a la alfalfa sola o asociada al trébol rojo.

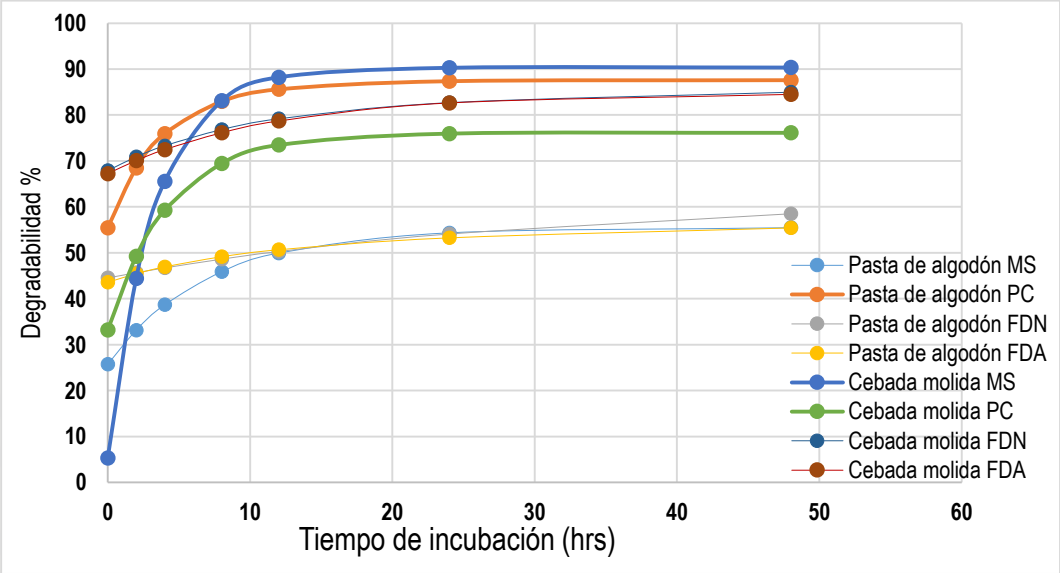
Figura 5. Porcentaje medio de la degradación ruminal de la materia seca (MS), proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) de forrajes asociados en los tiempos de incubación (horas).



Fuente: Elaboración propia

La pasta de algodón presentó valores intermedios en la degradabilidad de la MS entre las 4 y 12 horas, alcanzando el máximo de degradación a las 48 horas. Existió una pequeña fracción soluble (5 %) para la MS de la cebada, estabilizándose las medias de degradación de la MS a partir de las 12 horas. En la pasta de algodón y la cebada molida los mayores valores medios de degradabilidad ocurrió a las 8 horas de incubación, y estabilizándose entre las 12 y 48 horas, La FDN y FDA de la cebada molida fue degradada hasta un 85 y 84% respectivamente, variando la degradabilidad de estos nutrientes para la pasta de algodón con valores de 59 % y 55 % a las 48 horas de incubación.

Figura 6. Porcentaje medio de la degradación ruminal de la materia seca (MS), proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) de alimentos concentrados en los tiempos de incubación (horas).



Fuente: Elaboración propia

4.3.1. Parámetros cinéticos de la degradabilidad de la materia seca (MS) de los forrajes solos, forrajes asociados y alimentos concentrados.

Las estimaciones de la fracción soluble (a) o degradabilidad inicial, potencialmente degradable (b) o degradabilidad máxima, tasa de degradabilidad de la fracción b (c), degradabilidad potencial (DP) y degradabilidad efectiva (DE) de la MS, con tasas de pasaje de 2%/h, 5%/h y 8%/h de los forrajes solos, forrajes asociados y alimentos concentrados, se encuentran en la tabla 5.

Tabla 5. Estimación de los parámetros cinéticos de la materia seca (MS) de los forrajes solos, forrajes asociados y alimentos concentrados.

	Coeficientes			DP (%)	DE (%/h)		
	a%	b%	c%/h	a + b	2	5	8
Forrajes solos							
Alfalfa (100)	16.57	78.6	2.29	95.17	57.9	40.91	33.82
Avena (100)	24.77	61.46	2.28	86.23	56.43	43.39	38.00
Forrajes asociados							
Alfalfa + trébol rojo (50:50)	10.35	81.11	3.06	91.46	57.71	39.55	31.27
Alfalfa + dactylis (50:50)	20.36	58.73	7.80	79.09	66.82	59.37	49.04
Alimentos Concentrados							
Pasta de algodón (100)	25.70	29.80	14.18	55.53	51.78	47.68	44.71
Cebada molida (100)	5.33	85.00	30.78	90.33	85.15	78.46	72.80

Fuente: Elaboración propia

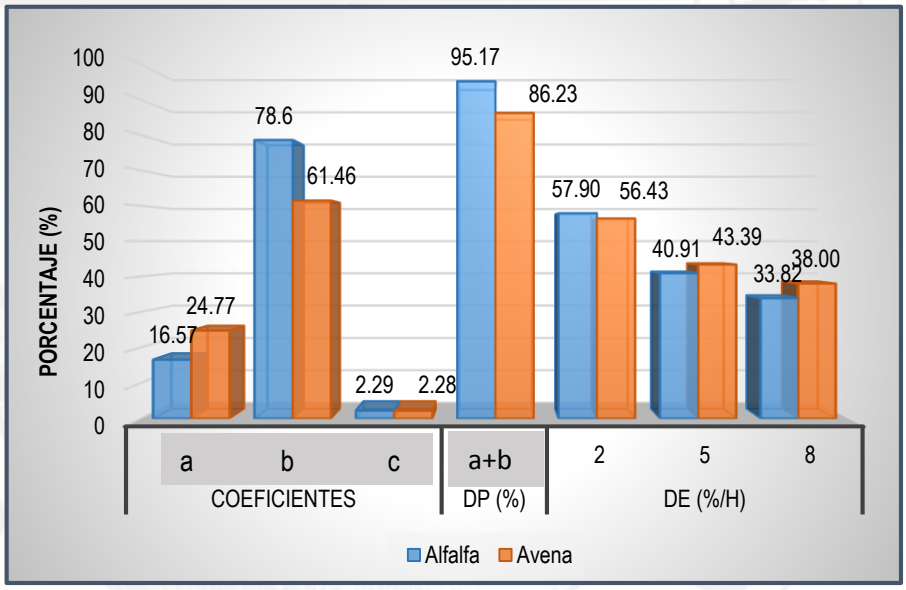
A. Parámetros cinéticos de la degradabilidad de la materia seca (MS) de los forrajes solos.

La alfalfa presentó menor fracción soluble (a) 16.57% indicando que se solubilizó en el agua al lavado en el tiempo cero, con una fracción potencialmente degradable de (b) 78.60%, con una tasa de degradabilidad de (c) 2.29/h, mostrando una degradabilidad potencial de (DP) 95.17 % y una degradabilidad efectiva (DE) con tasas de pasajes de 2, 5 y 8%/h de 57.90%/h, 40.91%/h y 33.82%/h respectivamente (ver figura 6) lo cual Boschini et al., (2017), encontró resultados superiores en la alfalfa para fracción soluble (a) de 35.34% - 44.65%, con fracción potencialmente degradable de 36.46% - 39.96%, con tasas de degradabilidades de 0.0734/h – 0.1176/h, mostrando una DP de 73.56% - 81.11% y una DE 59.06% - 67.09%.

Mientras que la avena mostró resultados superiores con (a)24.77%, lo cual indica que la muestra se solubilizó en el lavado con agua en el tiempo 0, para la fracción potencialmente degradable se estimó (b) 61.46%, con tasa de degradación de la fracción potencialmente degradable (c) 2.28/h mostrando resultados similares con la alfalfa, para la degradabilidad potencial también se mostró resultados inferiores con 86.23% DP comparados con

alfalfa y para la degradabilidad efectiva con tasas de pasaje de 2, 5 y 8%/h resultó de 56.43%/h , 43.39%/h y 38.00%/h respectivamente (ver figura 6); lo cual se asemeja con los resultados encontrados por Cordero et al., (2018), para la fracción soluble de la avena con 24.58%, pero para la fracción potencialmente degradable y con tasa de degradación de la fracción potencialmente degradable, encontró valores inferiores de 56.00% 0.0851% respectivamente, para la DP encontró un valor cercano de 80.58%, pero con valores alejados para DE con 70.48%, 60.64% y 54.23%/h con tasas de pasaje de 2, 5 y 8 %/hora.

Figura 7. Parámetros cinéticos de la degradabilidad de la materia seca (MS) de los forrajes solos.



Fuente: Elaboración propia

B. Parámetros cinéticos de la degradabilidad de la materia seca (MS) de los forrajes asociados.

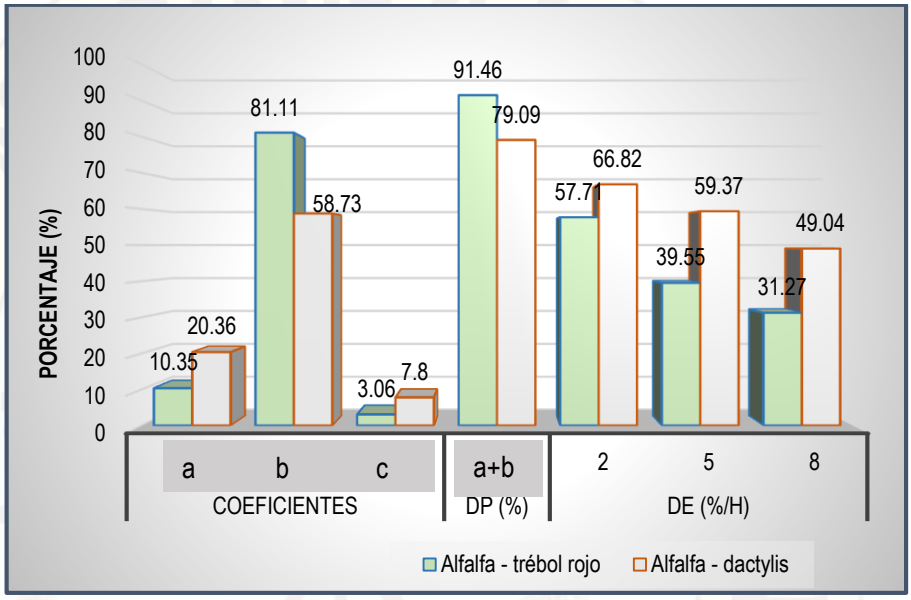
La asociación de alfalfa + trébol rojo presentó valores inferiores de fracción soluble (a) 10.35%, respecto a la asociación de alfalfa + dactylis que presentó valores superiores de fracción soluble (a) 20.36%; en tanto al coeficiente (b) la asociación alfalfa + trébol rojo sobresalió con 81.11% respecto a la asociación de alfalfa + dactylis con (b) 58.73%; con tasa de

degradabilidad de 3.06 % y 7.80% para alfalfa + trébol rojo y alfalfa + dactylis respectivamente.

Por otro lado, Machaca, (2009) encontró para la fracción soluble (a) 29.42% para trébol rojo en la etapa de prefloración y para alfalfa 21.85% en la etapa de 10% de floración, así mismo para la fracción potencialmente degradable (b) 59.85% y 47.16% para trébol rojo y alfalfa respectivamente.

La asociación alfalfa + trébol rojo presentó mayor degradabilidad potencial de 91.46% frente a la asociación alfalfa + dactylis con 79.090%, pero con una degradabilidad verdadera o DE para alfalfa + trébol rojo de 57.71%/h, 39.55%/h y 31.27%/h con tasas de pasaje de 2, 5 y 8%/h respetivamente, respecto a la superioridad de la asociación alfalfa + dactylis que resultó con degradabilidad verdadera de 66.82%/h, 59.37%/h y 49.04%/h con tasas de pasaje de 2, 5 y 8%/h respetivamente (ver figura 7); Machaca, (2009) también registró para trébol rojo en pre floración una DP y DE 89.27% y 76.76% respectivamente, asimismo también registró para la alfalfa a 10% de floración una DP y DE 46.60% y 63.63% respectivamente, como también para la alfalfa en prefloración con DP y DE 29.65% y 73.0% respectivamente.

Figura 8. Parámetros cinéticos de la degradabilidad de la materia seca (MS) de los forrajes asociados.



Fuente: Elaboración propia

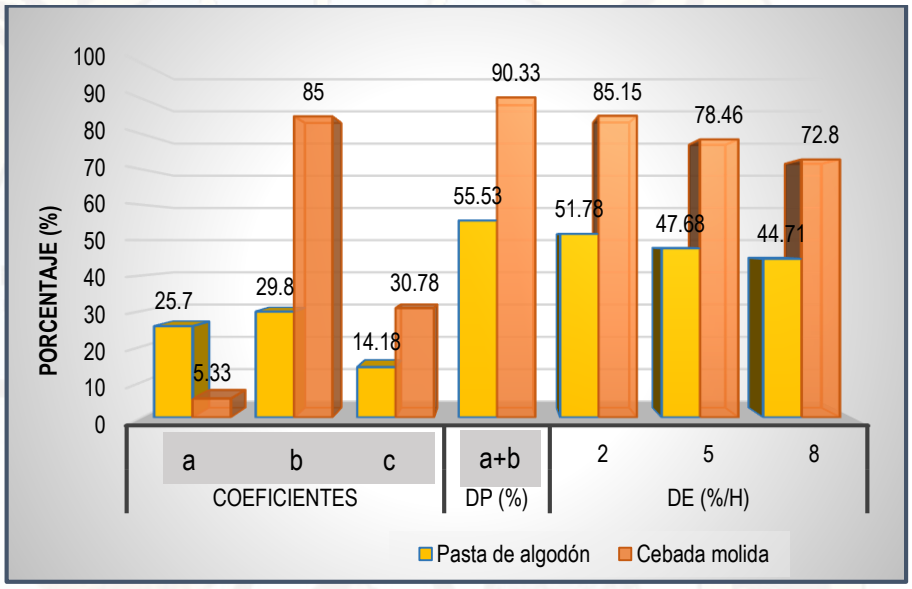
C. Parámetros cinéticos de la degradabilidad de la materia seca (MS) de los alimentos concentrados.

En los alimentos concentrados la pasta de algodón tubo una mayor fracción soluble de (a) 25.70% por la elevada velocidad de hidrolisis respecto a la cebada molida de (a) 5.33%, así mismo la cebada molida tubo mayor fracción potencialmente degradable con (b) 85.00% que es potencialmente degradable por los microorganismos del rumen, respecto a la pasta de algodón que fue muy bajo con (b) 29.80% por lo tanto también presento menor tasa de degradabilidad de (c) 14.18% la pasta de algodón comparado con la cebada molida de (c) 30.78%, estas tasas de degradabilidades altos indican que por ejemplo para la cebada molida que es un alimento de rápida degradación ruminal de la MS según Martins et al., (1999).

Por consecuencia la cebada molida presento una (DP) mayor de 90.33% respecto a la pasta de algodón de 55.53%, para la degradabilidad efectiva (DE) la cebada molida superó a la pasta de algodón,

caracterizándose este alimento de alta y rápida degradación ruminal para la MS con 85.15%/h y 51.78%/h respectivamente (ver figura 8)

Figura 9. Parámetros cinéticos de la degradabilidad de la materia seca (MS) de los alimentos concentrados.



Fuente: Elaboración propia

4.3.2. Parámetros cinéticos de la degradabilidad de la proteína cruda (PC) de los forrajes solos, forrajes asociados y alimentos concentrados.

La DE de la PC es una estimación del total del nitrógeno capturado y utilizado por los microrganismos del rumen para la síntesis de proteína y su crecimiento (AFRC). La proteína de los forrajes es susceptible a la rápida degradación en el rumen, especialmente la de los forrajes verdes en los cuales se degrada hasta 73 % (Klopfenstein et al., 2001).

Las estimaciones de la fracción soluble (a) o degradabilidad inicial, potencialmente degradable (b) o degradabilidad máxima, tasa de degradabilidad de la fracción b (c), degradabilidad potencial (DP) y degradabilidad efectiva (DE) de la PC, con tasas de pasaje de 2%/h, 5%/h y 8%/h de los forrajes solos, forrajes asociados y alimentos concentrados, se encuentran en la tabla 6.

Tabla 6. Estimación de los parámetros cinéticos de la degradabilidad de la proteína cruda (PC) de los forrajes solos, forrajes asociados y alimentos concentrados.

Forrajes	Coeficientes			DP (%)	DE (%/h)		
	a%	b%	c%/h	a + b	2	5	8
Forrajes solos							
Alfalfa (100)	49.50	48.12	4.10	97.62	81.79	71.12	65.75
Avena (100)	48.88	31.32	42.77	80.2	78.84	77.07	75.40
Forrajes Asociados							
Alfalfa + trébol rojo (50:50)	48.09	46.97	2.79	95.06	74.53	64.48	60.02
Alfalfa + dactylis (50:50)	18.25	68.66	11.83	86.91	75.49	66.29	58.99
Alimentos Concentrados							
Pasta de algodón (100)	55.46	32.13	26.05	87.59	85.14	82.14	79.72
Cebada molida (100)	33.19	64.96	22.41	98.15	92.86	86.36	81.15

Fuente: Elaboración propia

A. Parámetros cinéticos de la degradabilidad de la proteína cruda (PC) de los forrajes solos.

La alfalfa y la avena presentaron los valores de fracción soluble (a) similares con 49.50% y 48.88% respectivamente para la PC, encontrando valores dentro de lo investigado por, Salcedo Diaz, (1998) para la fracción soluble de la avena encontrando fluctuaciones de 55.87% de 41.54% entre las etapas vegetativo a inicio espigado, de modo contrario Machaca, (2009) encontró la fracción soluble para la alfalfa de 30.25% a 21.85% para la etapa alfalfa pre floracion y alfalfa a 10% de floracion respectivamente. Se puede concluir que los valores elevados del coeficiente (*a*) de estos forrajes, está relacionado al tamaño de las partículas (Vieira et al., 1999) o a los altos contenidos de compuestos no nitrogenados (urea, aminoácidos libres y péptidos pequeños), los cuales se liberan cuando el alimento llega al rumen y se convierten rápidamente en N amoniacal (Guerrero et al., 2010). La contribución de este N a la producción de proteína microbiana es importante (Klopfenstein et al., 2001).

Para la fraccion potencialmente degradable la alfalfa sobresalió con (b) 48.12 % frente a la avena que resultó (b) 31.32 %, indicando que la alfalfa ha

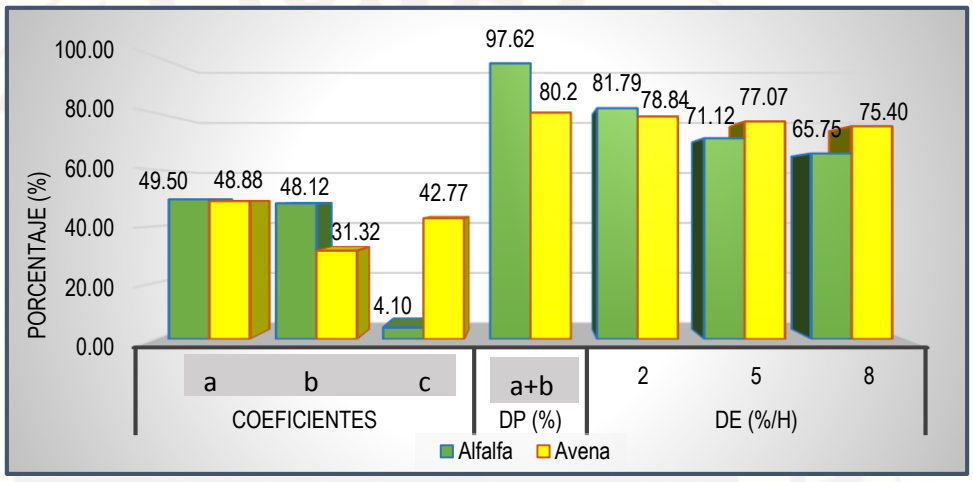
sido atacado mas intensamente por los microorganismos del rumen, con tasas de pasaje de 4.10%/h para la alfalfa y 42.77%/h en la avena, mientras Machaca, (2009) encontró resultados contrarios para la fracción potencialmente degradable (b) de 39.76% a 35.78% para alfalfa pre floracion y alfalfa al 10% de floración respectivamente, mientras que para la avena el mismo autor encontró un valor mas elevado de 38.71% para la fracción de lenta degradación por acción microbial

En cuanto a la degradabilidad potencial (DP) temenos a la alfalfa con 97.62 % frente a la avena con 80.20 %, Machaca, (2009) encontró resultados cercanos para la DP de 87.81% a 85.42% en las etapas de alfalfa pre floracion y alfalfa al 10% de floracion respectivamente, así mismo, encontró para la avena lechosa de 62.34% para la DP lo cual indica que son resultados diferentes en nuestra investigacion.

Para la degradabilidad efectiva, la alfalfa superó a la avena con 81.79%, 71.12% y 65.75% con tasas de pasaje de 2, 5 y 8%/h respectivamente, frente a la DE de la avena con 78.84%, 77.07% y 75.40%/h respectivamente; por otro lado Machaca, (2009) encontró una DE de la PC de 79.39%, 80.90% y 75.33% para alfalfa pre floración, alfalfa a 10% de floración y la asociación de vicia + avena respectivamente.

Por los resultados obtenidos para la DE de la PC, se puede afirmar que casi toda la proteína disponible en los forrajes fue degradada en el rumen, quedando disponible para el crecimiento microbiano, juntamente con la fracción energética de los forrajes (ver la figura 9).

Figura 10. Parámetros cinéticos de la degradabilidad de la proteína cruda (PC) de los forrajes solos.



Fuente: Elaboración propia

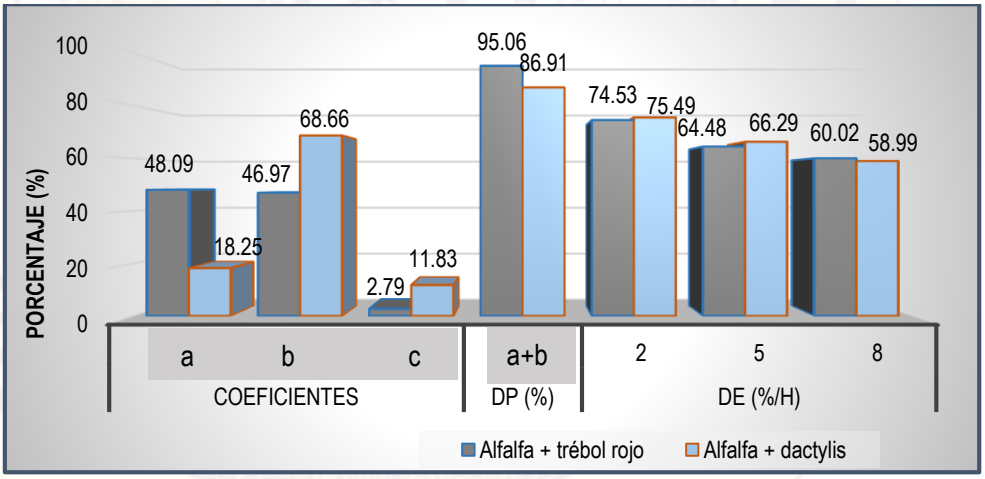
B. Parámetros cinéticos de la degradabilidad de la proteína cruda (PC) de los forrajes asociados.

La asociacion de alfalfa + trébol rojo sobresalió en cuanto a la fracción soluble (a) 48.09% lo cual indica que se solubilizo en el lavado en el tiempo cero, frente a loa resultados inferiores de la asociación de alfalfa + dactylis de (a) 18.25%; por otro lado, Machaca, (2009) encontró valores de 48.05% y 33.14% para la fracción soluble (a) para la alfalfa en pre floración y trébol rojo en pre floración; influyendo el tamaño de las particulas de las muestras, consecuentemente el tamaño de poro de las bolsas.

Para la fraccion potencialmente degradable (b) sobresalio la asociacón de alfalfa + dactylis con 68.66% frente a la asociacion de alfalfa + trébol rojo con 46.97% con tasas de pasaje de 11.83/h y 2.79%/h para las asociaciones de alfalfa + dactylis y alfalfa + trebol rojo respectivamente; Machaca, (2009) registró en su investigación para la fracción potencialmente degradable (b) con 60.23% para trébol rojo en pre floración, así mismo encontró para la alfalfa en la etapa de pre floración de 39.76% de degradabilidad para la PC, tambien encontró para trébol carretilla en etapa de 100% de floración con (b) 45.85%.

La asociacion de alfalfa + trébol rojo presento una DP de 95.06%, con valores cercanos para la DP 86.91% de alfalfa + dactylis; de modo similar, Machaca, (2009) encontró en su estudio de los forrajes por separado de alfalfa en etapa de prefloración, alfalfa a 10% de floración y trébol rojo en pre floración con resultados de 87.81%, 85.42% y 93.37% de degradabilidad potencial de la PC respectivamente. Presentando una degradabilidad efectiva o verdadera similares para ambas asociaciones en estudio de 74.53%/h y 75.49%/h a 2%/h para alfalfa + trebol rojo y alfalfa + dactylis; de modo similar Machaca, (2009) registró en su investigación de degradabilidad efectiva de la PC de los forrajes, alfalfa en etapa de prefloración, alfaflfa a 10% de floración y trébol rojo en pre floración con resultados de 79.39%, 80.90% y 79.65%.

Figura 11. Parámetros cinéticos de la degradabilidad de la proteína cruda (PC) de los forrajes asociados.



Fuente: Elaboración propia

C. Parámetros cinéticos de la degradabilidad de la proteína cruda (PC) de alimentos concentrados.

Para la DE de la PB de la pasta de algodón fue obtenido el valor de 82.14%, para la tasa de pasaje de 5 %/h, semejante a lo observado por Martins et al., (1999), que fue de 81.40 %. Este alimento presentó rápida degradación ruminal, siendo el valor de la fracción (*c*) 26.05 %/h y la fracción soluble alta (55.46 %). Evidenciando que la proteína de este alimento, juntamente con los

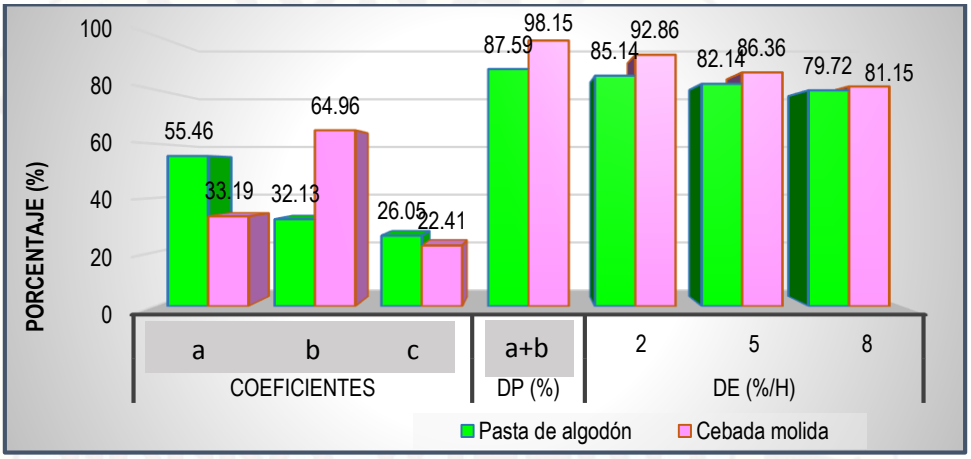
demás parámetros es de alta y rápida degradación ruminal. La cebada molida sufrió mayor influencia de las tasas de pasajes estudiadas, ya que presentó (a) (33.19 %) bajo y (b) (64.96 %) alto, en relación a la pasta de algodón. Sin embargo, por la alta tasa de degradación (22.41%/h) y la fracción (a) de 33.19 % la PC de este alimento es caracterizada como siendo de alta y rápida degradación ruminal (Martins et al., 1999).

La cebada molida sufrió mayor influencia de las tasas de pasajes estudiadas, ya que presentó (a) (33.19 %) bajo y (b) (64.96 %) alto, en relación a la pasta de algodón. Sin embargo, por la alta tasa de degradación (22.41%/h) y la fracción (a) de 33.19 % la PC de este alimento es caracterizada como siendo de alta y rápida degradación ruminal (Martins et al., 1999).

Considerándose la elevada tasa de digestión de la PC de la pasta de algodón, la utilización de este alimento debe ser concomitante al suministro de carbohidratos de rápida fermentación, como salvado de trigo, maíz molido, melaza, cebada molida, entre otros. Lo mismo debe suceder con la cebada molida en la que debe participar alimentos proteicos de rápida degradación.

Considerándose la elevada tasa de digestión de la PC de la pasta de algodón, la utilización de este alimento debe ser concomitante al suministro de carbohidratos de rápida fermentación, como salvado de trigo, maíz molido, melaza, cebada molida, entre otros. Lo mismo debe suceder con la cebada molida en la que debe participar alimentos proteicos de rápida degradación.

Figura 12. Parámetros cinéticos de la degradabilidad de la proteína cruda (PC) de alimentos concentrados.



Fuente: Elaboración propia

4.3.3. Parámetros cinéticos de la degradabilidad de la fibra detergente neutro (FDN) de los forrajes solos, forrajes asociados y alimentos concentrados.

Observando los parámetros de la degradabilidad de la FDN y considerando que los carbohidratos fibrosos (CF = FDN) son los principales componentes de los forrajes, en el presente estudio se presentaron tasas de degradaciones bajas (lentas), que variaron entre 2.02 %/h y 2.60 %/h con digestión incompleta (indegradabilidad, I: 28.28 %, 23.37 % y 22.08 %) en la alfalfa, alfalfa + trébol rojo y alfalfa + dactylis. Así, el conocimiento de las fracciones que componen la FDN (D y I) es fundamental, pues se puede presumir que la fracción no digestible (I) tiene considerable efecto sobre la indegradabilidad de los alimentos (Da Silva et al., 2011).

Las estimaciones de la fracción soluble (a) o degradabilidad inicial, potencialmente degradable (b) o degradabilidad máxima, tasa de degradabilidad de la fracción b (c), degradabilidad potencial (DP) y degradabilidad efectiva (DE) de la FDN, con tasas de pasaje de 2%/h, 5%/h y 8%/h de los forrajes solos, forrajes asociados y alimentos concentrados, se encuentran en la tabla 8.

Tabla 7. Estimación de los parámetros cinéticos de la degradabilidad de la fibra detergente neutra (FDN) de los forrajes solos, forrajes asociados y alimentos concentrados.

Forrajes	Coeficientes			DP (%)	DE (%/h)		
	a%	b%	c%/h	a + b	2	5	8
Forrajes Solos							
Alfalfa (100)	15.5	56.22	2.60	71.72	47.00	34.50	29.10
Avena (100)	17.48	65.09	1.21	82.57	42.19	30.36	26.19
Forrajes Asociados							
Alfalfa + trébol rojo (50:50)	7.67	68.96	2.44	76.63	44.65	29.89	23.46
Alfalfa + dactylis (50:50)	23.42	54.50	2.02	77.92	50.17	38.76	34.20
Alimentos Concentrados							
Pasta de algodón (100)	44.53	19.02	3.35	63.55	55.64	51.52	49.66
Cebada molida (100)	67.89	18.88	8.99	86.77	82.25	78.92	76.98

Fuente: Elaboración propia

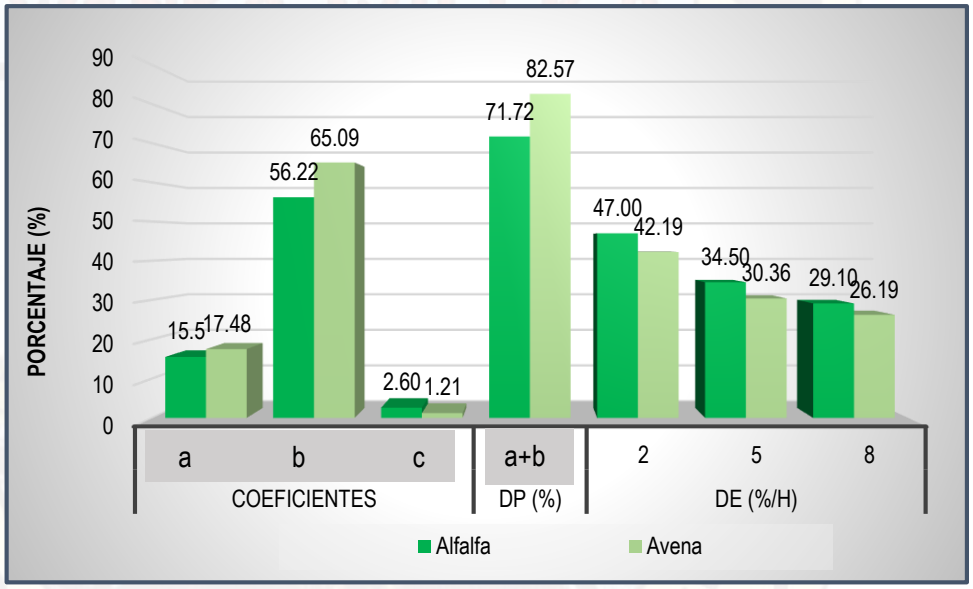
A. Parámetros cinéticos de la degradabilidad de la fibra detergente neutra (FDN) de los forrajes solos.

En cuanto a la degradabilidad de la FDN presentaron resultados cercanos con (b) 17.48% y 15.50% para avena y alfalfa respectivamente, en la avena el mayor porcentaje de la DP de la FDN estuvo constituido por la fracción (b) 65.09% frente a la alfalfa con 56.22%, esto indica que la avena tubo más acción microbial frente a la alfalfa, con degradabilidad potencial de 82.57% y 71.72% para avena y alfalfa respectivamente; de modo muy contrario para Vieira, (2006) registro valores de 0.0 % para la fracción soluble de la FDN, tanto de alfalfa y avena, pero encontrando valores elevados al de los nuestros de 65.70% y 91.20% para la fracción (b), con tasas de pasaje de 0.092 %/h y 0.063%/h para alfalfa y avena respectivamente.

La tasa de degradación de 2.60%/h fue para alfalfa con DE de 47.00%/h, 34.50%/h y 29.10%/h, para las tasas de pasaje de 2, 5 y 8%/h presentando mayores valores para la alfalfa, comparados con la avena con tasas de degradación de 1.21%/h consecuentemente presente un DE bajo de 42.19%/h, 30.36%/h y 26.19%/h para las tasas de pasaje de 2, 5 y 8%/h. De acuerdo a los datos de la DE de la FDN, se puede concluir que no toda la

pared celular de los forrajes fue degradada en el rumen (ver figura 12); por otro lado Vieira, (2006) encontró valores de 54.00%/h, 42.60%/h y 35.10%/h para las tasas de pasaje de 2, 5 y 8%/h para la alfalfa, también encontrados valores de 69.20, 50.90 y 40.20 para las tasas de pasaje de 2, 5 y 8%/h para la avena en la degradabilidad de la FDN, esta diferencia se debe a la ubicación geográfica, las condiciones de las investigaciones, tipo de suelo y sobre todo en la avena que se hizo a 40 días después del corte.

Figura 13. Parámetros cinéticos de la degradabilidad de la fibra detergente neutra (FDN) de los forrajes solos.



Fuente: Elaboración propia

B. Parámetros cinéticos de la degradabilidad de la fibra detergente neutra (FDN) de los forrajes asociados.

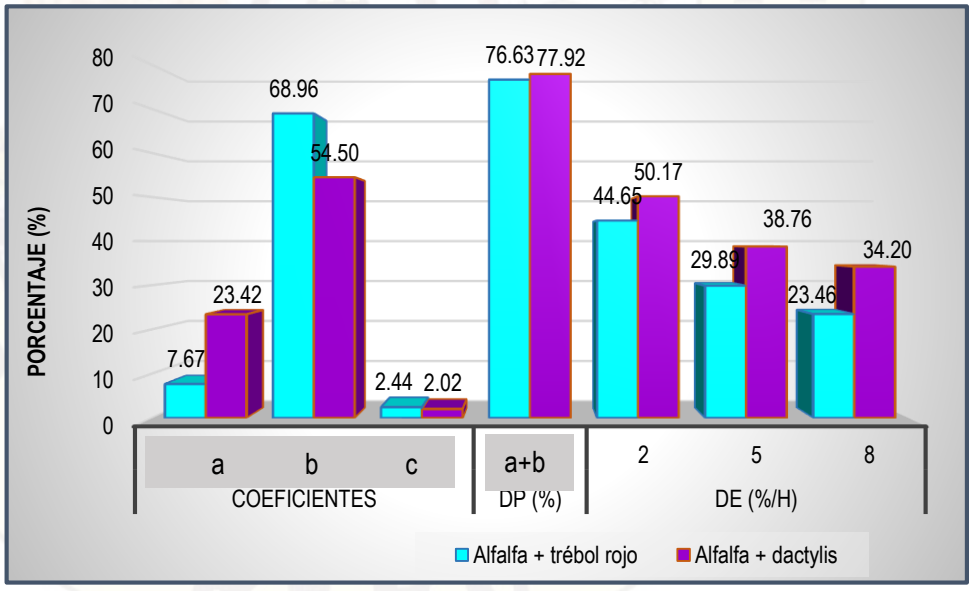
Para la degradabilidad de la FDN de la fracción soluble (a) la que más se solubilizo fue el forraje asociado, alfalfa + dactylis con 23.42%, frente a la asociación alfalfa + trébol rojo 7.67%; para la fracción potencialmente degradable (b) la asociación alfalfa + trébol rojo sufrió más ataques por las bacterias ruminales mostrando un valor de 68.96%, frente a la asociación alfalfa + dactylis con (b) 54.50%; Mostrando tasas de degradación similares

para ambos forrajes asociados en estudio (c) 2.44%/h para alfalfa + trébol rojo y 2.02%/h para alfalfa + dactylis.

De igual manera para la DP presentaron resultados similares para ambos forrajes asociados en estudio 76.63% para alfalfa + trébol rojo y 77.92% para alfalfa + dactylis.

La asociación alfalfa + dactylis sobresalió en la DE con 50.17%/h, 38.76%/h y 34.20%/h con tasas de pasaje a 2%/h, 5%/h y 8%/h respectivamente; frente a la asociación alfalfa + trébol rojo que obtuvimos resultados de 44.65%/h, 29.89%/h y 23.46%/h con tasas de pasaje a 2%/h, 5%/h y 8%/h respectivamente.

Figura 14. Parámetros cinéticos de la degradabilidad de la fibra detergente neutra (FDN) de los forrajes asociados.



Fuente: Elaboración propia

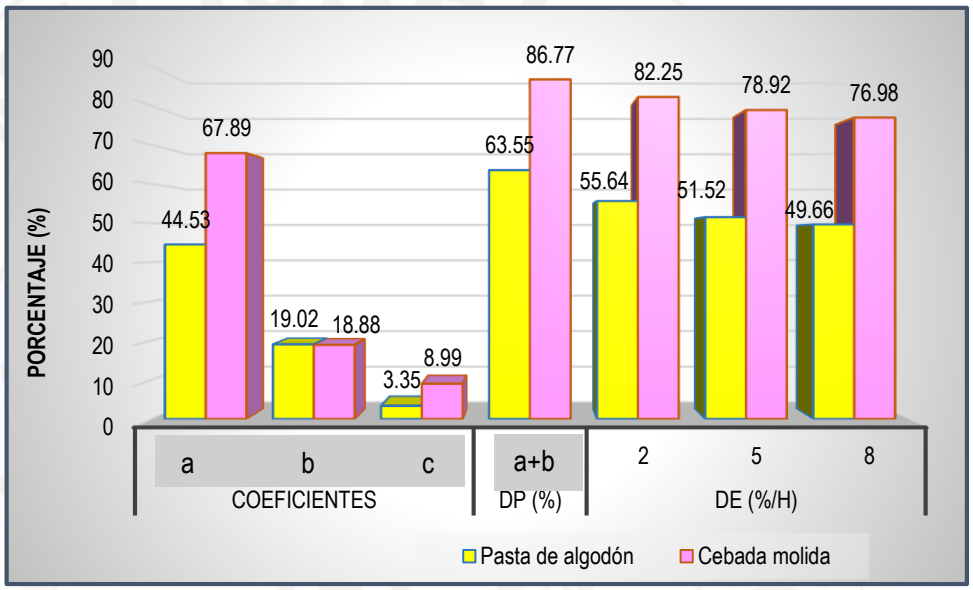
C. Parámetros cinéticos de la degradabilidad de la fibra detergente neutra (FDN) de los alimentos concentrados.

En la fracción soluble de la FDN (a), se observa, que la cebada molida presentó la mayor fracción soluble (67.89 %) y la pasta de algodón, la menor

(44.53 %). Para la fracción insoluble en agua, pero potencialmente degradable (b), se puede constatar que los valores fueron semejantes entre sí (19.02 % y 18.88 %). Comparando con los resultados de Villela et al., (1999) que trabajaron con la cáscara de variedades de algodón, se observa que la fracción (a) oscilo entre 2% y 10 % y la fracción (b) entre 48 % y 58 %. En relación a (c), tasa de degradación, la pasta de algodón presentó 3.35 %/h, por tanto, la FDN de la pasta de algodón se caracteriza como de lenta degradación ruminal. Contrariamente la cebada molida presentó una mayor tasa de degradación (8.99 %/h), caracterizándose este alimento como de rápida degradación de la FDN.

Observando los valores de la DE de la FDN de los forrajes, se puede aseverar que las cebadas molidas presentaron altos valores de (a) y (c), consecuentemente este alimento sufrió poco la influencia de las tasas de pasajes considerados. La pasta de algodón presentó lenta e incompleta digestión (I = 36.45 %) de la FDN en relación a la cebada molida (I = 13.23 %). Por los datos de la DE de la FDN se puede afirmar que casi toda la FDN de la cebada molida fue degradada en el rumen, y en la pasta de algodón cerca de la mitad de la FDN no fue degradada.

Figura 15. Parámetros cinéticos de la degradabilidad de la fibra detergente neutra (FDN) de los alimentos concentrados.



Fuente: Elaboración propia

4.3.4. Parámetros cinéticos de la degradabilidad de la fibra detergente ácida (FDA) de los forrajes solos, forrajes asociados y alimentos concentrados.

Las estimaciones de la fracción soluble (a) o degradabilidad inicial, potencialmente degradable (b) o degradabilidad máxima, tasa de degradabilidad de la fracción b (c), degradabilidad potencial (DP) y degradabilidad efectiva (DE) de la FDN, con tasas de pasaje de 2%/h, 5%/h y 8%/h de los forrajes solos, forrajes asociados y alimentos concentrados, se encuentran en la tabla 8.

Tabla 8. Estimación de los parámetros cinéticos de la degradabilidad de la fibra detergente acida (FDA) de los forrajes solos, forrajes asociados y alimentos concentrados.

Forrajes	Coeficientes			DP (%)	DE (%/h)		
	a%	b%	c%/h	a + b	2	5	8
Forrajes Solos							
Alfalfa (100)	22.58	47.75	2.71	70.33	49.33	38.77	34.2
Avena (100)	21.44	56.84	1.29	78.28	43.68	33.07	29.3
Forrajes Asociados							
Alfalfa + trébol rojo (50:50)	13.05	66.15	2.04	79.2	45.23	31.29	26.02
Alfalfa + dactylis (50:50)	50.25	34.15	1.81	84.4	66.43	59.31	56.55
Alimentos Concentrados							
Pasta de algodón (100)	43.56	13.79	8.52	57.35	81.53	50.81	49.41
Cebada molida (100)	67.23	17.54	8.77	84.77	53.39	78.42	76.43

Fuente: Elaboración propia

A. Parámetros cinéticos de la degradabilidad de la fibra detergente ácida (FDA) de los forrajes solos.

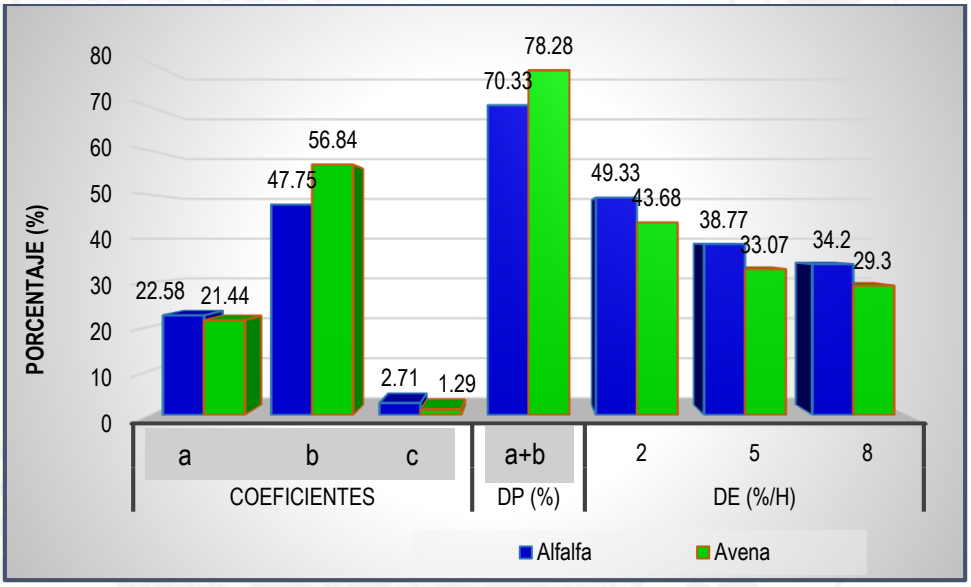
Para la fracción soluble de los forrajes solos se puedo observar que presentaron resultados similares (a) 22.58 % y 21.44 % para la alfalfa y la avena, de modo similar Vieira et al., (2006), en su trabajo de investigación obtuvo similitud entre alfalfa y avena con fracción soluble de 0.1 % y 0.0 % para alfalfa y avena respectivamente, en la degradabilidad de FDA; mientras tato para la fracción potencialmente degradable (b) de la avena presentó 56.84%, frente a la alfalfa que presentó un valor inferior de 47.75%, por otro lado, Vieira et al., (2006) encontró valores mas elevados para la fracción potencialmente de gradable (b) con 91.7% y 65.2% para avena y alfalfa respectivamente.

Mientras que, para las tasas de degradación de la fracción b (c) se encontró valores elevados 2.71%/h y 1.29%/h para alfalfa y avena, conparados con Vieira et al., (2006) que registró (c) 0.092 %/h y 0.063 %/h para alfalfa y avena de la FDA respectivamente.

Respecto a la degradabilidad potencial de la FDA, la avena presentó un mayor valor de DP de 78.28%, frente a la alfalfa con 70.33%, por otro lado Vieira et al., (2006) registró para DP 65.3% para alfalfa y 91.5% para avena.

En la degradabilidad efectiva tenemos a la alfalfa que sobresalió con DE 49.33%/h, 38.77%/h y 34.20%/h con tasas de pasaje de 2, 5 y 8%/h respectivamente; frente a la avena que presentó un valor cercano con DE 43.68%/h, 33.07%/h y 29.30%/h con tasas de pasaje de 2, 5 y 8%/h respectivamente; por otro lado, Vieira et al., (2006) encontró en su investigación resultados cercanos de 53.3%, 41.9% y 34.4% con tasas de pasaje de 2, 5 y 8%/hora para la alfalfa, de modo muy contrario para la avena con resultados de 70.0%, 51.7% y 41.0% % con tasas de pasaje de 2, 5 y 8%/h respectivamente.

Figura 16. Parámetros cinéticos de la degradabilidad de la fibra detergente ácida (FDA) de los forrajes solos.



Fuente: Elaboración propia

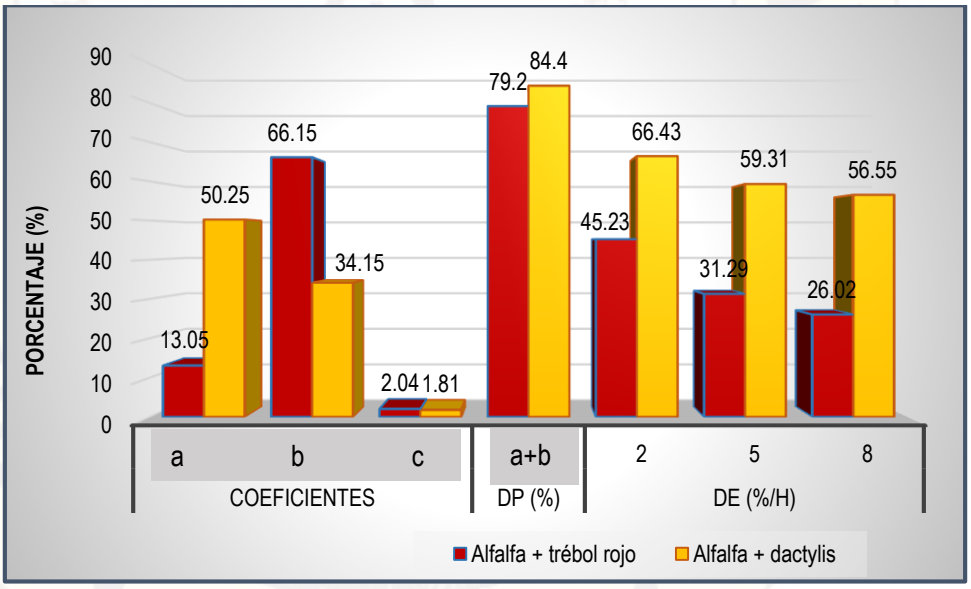
B. Parámetros cinéticos de la degradabilidad de la fibra detergente ácida (FDA) de los forrajes asociados.

En la fracción soluble de la FDA (a) la asociación alfalfa + dactylis la que presentó el mayor valor (50.25 %), y la asociación alfalfa + trébol, el menor (13.05 %). Para la fracción insoluble, pero potencialmente degradable (b) existió superioridad de la asociación alfalfa + trébol (66.15 %) en relación al otro, correspondiendo a la asociación alfalfa + dactylis la menor degradabilidad máxima de FDN (34.15 %). Cuanto a (c), tasa de degradación, ambos mostraron

baja degradabilidad. La menor indegradabilidad de la FDA (15.60 %) correspondió a la asociación alfalfa + dactylis. Analizando los valores de las degradabilidades efectivas del componente lignocelulosa (FDA), se puede inferir que la asociación alfalfa + trébol rojo sufrió mayor influencia de las tasas de pasajes, pues, presentó un valor bajo (13.05 %) de (a) y (b) altos (66.15 %).

Por los resultados obtenidos para las degradabilidades efectivas de la FDA se puede afirmar que casi la mitad de la FDA de alfalfa + trébol rojo fue degradada en el rumen, a excepción de la asociación alfalfa+dactylis que la degradación fue mayor.

Figura 17. Parámetros cinéticos de la degradabilidad de la fibra detergente ácida (FDA) de los forrajes asociados.



Fuente: Elaboración propia

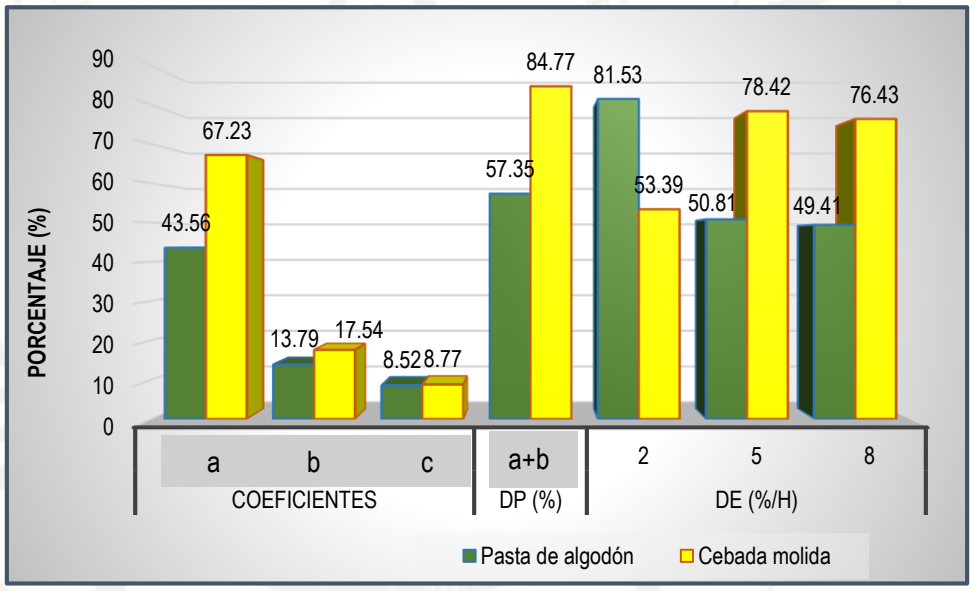
C. Parámetros cinéticos de la degradabilidad de la fibra detergente ácida (FDA) de los alimentos concentrados.

En la fracción soluble de la FDA (a) de la cebada la que presentó la mayor fracción (67.23 %) y la menor fue en la pasta de algodón (43.56 %). Para la fracción (b) fue la cebada la que presentó el mayor porcentaje que la pasta de algodón. En relación a (c), tasa de digestión, se puede verificar que la pasta de

algodón y la cebada molida se degradaron de manera similar, con media de 8.65 %/h. La cebada molida destacó en la FDA por la más baja fracción indigestible (I = 15.23 %), además presentó alta DE a las tasas de 5 %/h y 8%/h. En la pasta de algodón se observa una mayor fracción indigestible (I = 42.65 %) y alta DE a la tasa de pasaje de 2 %/h, con lenta degradación (8.52 %/h).

Entre los alimentos evaluados, la cebada molida destacó en PC por la mayor proporción de la fracción soluble (a = 40.74%). Además de una baja fracción indigestible (I = 15.75%), presentó alta DE a las tasas de pasajes de 2 y 5%/h, con lenta degradación (5.14%/h).

Figura 18. Parámetros cinéticos de la degradabilidad de la fibra detergente ácida (FDA) de los alimentos concentrados.



Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

Bajo las condiciones que se realizó el trabajo de investigación se concluye lo siguiente:

- En la composición química los forrajes solos sobresale la alfalfa por su alto contenido de PC y un contenido de FDN adecuado.
- Asimismo, Para el grupo de los forrajes asociados, la asociación de las leguminosas sobresalieron en su alto contenido de proteína y bajo porcentaje de FDN y FDA.
- En los alimentos concentrados, la composición química de la pasta de algodón es la más recomendada por su alto contenido de PC y un contenido de fibra adecuada.
- Para la cinética de la degradabilidad de los forrajes solos destaca la alfalfa por su alto DP en la MS y PC, como también destaca por su mayor DE con tasa de pasaje media de FDN y FDA
- Entre los forrajes asociados, para la cinética de la degradabilidad, la asociación alfalfa + dactylis sobresalió por su mayor degradabilidad efectiva a una tasa de pasaje media para la MS, PC, FDN y FDA, por su elevada degradabilidad potencial de la PC, FDN y FDA.
- Referente a la cinética de la degradabilidad de los alimentos concentrados, destaca la cebada molida por su elevada PD de la MS, PC, FDN y FDA, asimismo, destaca para la DE a una tasa de pasaje media con resultados superiores frente a la pasta de algodón en MS, PC, FDN y FDA.

Recomendaciones

De acuerdo con los resultados obtenidos en la investigación se recomienda lo siguiente:

- ♠ Se recomienda utilizar a las leguminosas con el alimento concentrado como la pasta de algodón, ya que presentaron una composición química de PC alto respecto a la FDN y FDA estos forrajes o concentrados presentaron valores adecuados.
- ♠ Se recomienda utilizar la asociación de alfalfa + dactylis (leguminosa y gramínea) juntamente con la cebada molida o con pasta de algodón ya que presentaron mejores resultados en la cinética de la degradabilidad de la DE de la MS, PC, FDN y FDA en una tasa de pasaje media.
- ♠ A investigaciones futuras, se recomienda que a partir de estos resultados realicen estudios experimentales de otras especies forrajeras para tener un mayor conocimiento y así mejorar la producción ganadera con el aprovechamiento adecuado de las distintas especies forrajeras de la región.

Referencia Bibliográfica

Boschini Figueroa, C., & Chacón Hernández , P. (2017). Degradabilidad ruminal de la alfalfa en la zona oriental del Valle Central de Costa Rica. *Agron. Mesoam.*, 657-666.

AAFCO. (2000). Association of American Feed Control Officials. *FAO*, 445.

AFPD. (2008). Base de Donnees des Plantes a Fleurs D'Afrique. *African Flowering Plants Database*, 43.

Afshar Mirzaei, A., Naser Maheri, s., Ali Mirza, A., Amir Reza , S., Amir Farhang , H., & Abolfazl Aghajanzadeh, G. (2008). *Use of Nylon Bag Technique to Determine Nutritive Value and Degradation Kinetics of Iranian Alfalfa Varieties.* Tesis de pre grado, Universidad Islamico Azad, Departamento de Ciencias Animales, Iran.

Aguilera, S., Canudas, L., & Villagomez C, A. (2012). Estrategias para mejorar a rentabilidadd del sistema de engorda. *scielo*, 31.

Alagón Huallpa, G. (2012). Caracterización Química y Valor Nutritivo de los DDGS de Cebada, Maíz y Trigo para Conejos en Crecimiento. *Universidad Politecnica de Valencia*, 1- 40.

Apráez G., E., Gálvez C., A., & Jojoa R., C. (04 de diciemdre de 2014). VALORACIÓN NUTRICIONAL Y EMISIÓN DE GASES DE ALGUNOS RECURSOS FORRAJEROS DEL TRÓPICO DE ALTURA. *REVISTA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, Volumen 31 (1): 122 - 134*, 122-134.

Bastidas, D., Palechor, A., Morales, S., Vivas, N., Peters, M., Horacio Franco, L., . . . Rendón, E. (2011). Comportamiento agronómico y productivo de nueve leguminosas herbáceas forrajeras, en el municipio del Patía, finca Versalles. *scielo*, 18.

Bernaldez, M., Martinez, F., Basigalup, D., Alomar, D., & Brunetti, M. (2007). *Degradabilidad potencial de una alfalfa seleccionada por menor desaparición inicial.* Tesis de pre grado, Unibersidad de Buenos Aires Argentina, Departamento de Produccion Animal, Argentina.

Bochi-Brum, O., Carro, D., Valdés, C., González, J., & López, S. (1999). Digestibilidad in vitro de forrajes y concentrados: efecto de la ración de los animales donantes de líquido ruminal. *Arch. Zoot*, 51-61.

Broderick, G. (1994). Quantifying forage protein quality In: Fahey G,Ed Forage quality evaluation and utilization. *American Society of Agronomy Inc Madison*, 42-78.

CENAGRO. (2012). IV Censo Nacional Agropecuario 2012. *Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI* , 1-63.

Chedraui. (2013). *FAO*. Obtenido de http://rbg-web2.rbge.org.uk/cgi-bin/nph-

CONABIO. (2010). Catologo taxonómico de especies de Méxixo. Mexico.

Cordero Fernandez, A. G., Contreras Paco, J. I., Curasma C., J., Tunque Q., M., & Enríquez Q., D. (2018). Degradabilidad y estimación del consumo de forrajes y concentrados en alpacas (Vicugna pacos). *Revistas de Investigaciones Veterinarias del Peru.* , 429 - 437.

Council, N. R. (2001). Nutrient Requirements of Dairy Cattle, 7th rev ed Washington, D.C. . *National Academy Press*, 381p. .

Duthil, J. (2006). *Producion de Forrajes* (3 ra ed.). Madrid, España: Mundi Prensa.

Esteban , s. (10 de diciembre de 2010). LOS ENCANTOS DE HUANCAVELICA. huancavelica, huancavelica, huancavelica.

Fricke, P. (Julio de 2013). *estrategias agresivas de manejo para mejorar la eficiencia reproductiva de vacas*. Obtenido de http://www.cals.wisc.edu.pe

Gallardo, M. (2007). Dietas Balanceadas con Forrajes Conservados: la Importancia de Diagnosticar la Calidad Nutricional, El valor de los alimentos. *Estación Experimental Agropecuaria, INTA Rafaela, Argentina.*, 28.

Gamarra, M. (2014). Situacion actual y perspectivas de la ganaderia vacuna en el Perú. *Inv Vet, 2*(12), 13.

Garcia. (2007). Requerimientos nutricionales, absorción y extracción de macronutrientes secundarios. *Archivos agronomicos*.

García González, R., Aldezabal, A., Garin, I., & Marinas, A. (2005). VALOR NUTRITIVO DE LAS PRINCIPALES COMUNIDADES DE PASTOS DE LOS PUERTOS DE GÓRIZ (PIRINEO CENTRAL). *Sociedad española para el estudio de los pastos (SEEP)*, 1702.

Garcia Griado, B., Garcia Ciudad, A., Rico Rodriguez, M., & Garcia carabias , M. (2002). Composición Quimica y Digestibilidad de Alfalfa Deshidratada Destinada al comercio Exterior. *Centro de Edafologia y Biologia Aplicada (C.S.I.C.)* , 257.

Giraldo, C., Valderrama, E., Montoya, L., & Armbrecht, I. (2006). Efecto de Tithonia diversifolia (Asteraceae) sobre herbivoría de Atta cephalotes (Hymenoptera: Formicidae). En: Resúmenes IV Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la producción animal sostenible y III Simposio sobre sistemas silvopastoriles para. *EEPF "Indio Hatuey"*, 113.

Guada, J. (2012). *Efectos del procesado sobre la degradabilidad ruminal de la proteina y almidon.* Barcelona, España: FEDNA.

Guevara, E., & Espinoza, F. (2012). NUEVOS MATERIALES FORRAJEROS PARA LA PRODUCCIÓN DE LECHE Y CARNE EN LAS SABANAS DE VENEZUELA. *Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) Anzoátegui - Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP), Maracay*, 57-144.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2016). *Metodología de la investigación* (6ta ed.). Mexico: McGraw-Hill interamericana.

Hoover , W., & Stokes, S. (1991). Balancing carbohydrates and proteins for optimum rumen microbial yield. *J. Dairy Sci*, 3630.

Lindner. (2002). Fora ratense y forrajera cultivada. *Producción agraria*, 12.

López, S. (2005). In vitro and In situ techniques for estimating digestibility. En F. J. Dijkstra J, *Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism.* (págs. 87-121). London: CABI Publishing.

Machaca Mamani, A. F. (2009). "DEGRADABILIDAD RUMINAL DE MATERIA SECA Y PROTEÍNA CRUDA DE LOS PRINCIPALES RECURSOS ALIMENTICIOS DE ANTA·CUSCO PARA VACUNOS". *UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO ESCUELA DE POST-GRADO MAESTRIA EN PRDDUCCIDN ANIMAL*, 167.

Marroquin, P. R. (2013). *Cómo realizar investigación haciendo uso del Estilo APA.* México: Universidad Nacional de Educación Enrique Guzman y Valle, Alma mater de Magisterio Nacional, programa de titulación.

Medina, M. (19 de agosto de 2013). Obtenido de infocarne: http://www.infocarne.com/bovino/comercio.htm

Mehrez, A. Z., & Ørskov , E. R. (1977). The use of a Dacron bag technique to determine rate of degradation of protein and energy in the rumen. *J. Agric. Sci.* , 645-650.

Mesanza, J. (1983). Diccionario de las Ciencias de la Educación, Vol. II. *Santillana - Madrid*, 542.

Osuji, P., Nsahlai , I., & Khalili , H. (1993). Feed evaluation. ILCA Manual 5. . *ILCA (International Livestock Center for Africa) Addis Ababa, Ethiopia*, 38p.

Pascual, I. (2013). Forrajes y manejo de pasturas. *Sitio Argentino de producción animal*, 122.

Perú, S. B. (2012). Ganado Brown Swiss. *Sciación*, 43.

Pinos Rodríguez, J., Germán Mendoza, S., García, J., Miranda, L., De La Cruz, G. A., & De Lerma, V. (2005). EFECTO DE ENZIMAS FIBROLÍTICAS EXÓGENAS EN LA DEGRADACIÓN IN VITRO DE INGREDIENTES ALIMENTICIOS, Y EN LA PRODUCCIÓN DE LECHE DE VACAS HOLSTEIN. *Scielo*, 1- 6.

Pulido , R., & Leaver, J. D. (1999). Degradabilidad Ruminal del Forraje Disponible en la Pradera y del Aparentemente Consumido por Vacas Lecheras. *Instituto de Zootecnia. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Austral de Chile. Valdivia - Chile.*, 57-97.

Rosero Noguera, R., & Rendon Correa, M. (2014). Cinética de degradación ruminal. *CES*, 21.

Salcedo Diaz, G. (1998). *Valor Nutritivo Y Degradabilidad Ruminal De Avena Sativa Y Vicia Sativa.* Instituto de Enseñanza Secundaria, Departamento de Ganaderia, España.

Salcedo, G. (2002). COMPOSICIÓN QUÍMICA Y DEGRADABILIDAD RUMINAL DE LA CEBADA CERVECERA UTILIZADA COMO FORRAJE. *Dpto. de Ganaderis del I.E.S. " La Granja" 39792 Heras, Cantabria.* , 831- 839 .

Sánchez, C. J. (2004). *Metodología de la Investigación científica y tecnológica.* Madrid: Diaz de Santos S.A.

Urbano, D., & Dávila, C. (2003). Evaluación del rendimiento y composición química de once variedades de alfalfa (Medicago sativa) bajo corte en la zona alta del estado Mérida, Venezuela. *Rev. Fac. Agron. v.20 n.1- Caracas*, 231.

Valadares Filho, S., Marcondes , M., & Chizzotti , M. (2010). Nutritional requirements of pure and crossbred zebu BR-CORTE. University Federal of Viçosa;Viçosa, . *MG, Brazil:*, P193.

Van Soest , P., Wine, R., & Moore, L. (1966). Estimation of the true digestibility of forages by the in vitro digestion of cell walls. *Helsinki Finnish Grassland Association*, 438 - 441.

Vieira Pires, A. J., Andrade Reis, R., Pinto de Carvalho, G. G., Rezende Siqueira, G., Fernandes Bernardes, T., Ruggieri, A. C., . . . de Toledo Piza Roth, M. (2006). Degradabilidade ruminal da matéria seca, da fração fibrosa e da proteína bruta de forrageiras. *Pesq. agropec. bras., Brasília*, p.643-648.

Vieira Pires, A. J., Andrade Reis, R., Pinto de Carvalho, G. G., Rezende Siqueira, G., Fernandes Bernardes, T., Ruggieri, A. C., . . . Toledo Piza Roth, M. (abril-2006). Degradabilidade ruminal da matéria seca, da fração fibrosa e da proteína bruta de forrageiras. *Pesq. agropec. bras., Brasília, v.41, n.4,*, p.643-648.

Anexos

Anexo 1

Matriz de Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA	MUESTRA	TÉCNICAS Y ANALISIS DE DATOS
Problema general: ¿Cuál es la composición química y la cinética de degradabilidad ruminal de forrajes y concentrados en bovinos en la universidad nacional de Huancavelica? **Problema específicos:** ➢ ¿Cuál es la composición química de forrajes solos? ➢ ¿Cuál es la composición	**Objetivo General:** Evaluar composición química y cinética de degradabilidad ruminal *In situ* de forrajes y concentrados en bovinos en la universidad nacional de Huancavelica. **Objetivos Específicos:** • Determinar la composición química de los forrajes solos. • Determinar la composición química de los forrajes asociados. • Determinar la composición	La Composición química y la cinética de la degradabilidad ruminal *In situ* de los forrajes solos, forrajes asociados y los alimentos concentrados difieren en cuanto a su composición química y en cuanto a la cinética de la degradabilidad ruminal *In situ.*	**Variable 1** • Composición química. **Variable 1** • Cinética de la degradabilidad	**Tipo de Investigación:** Básica **Nivel de Investigación:** descriptivo **Método General:** Cuantitativa y sintético **Esquema de investigación:** Este tabla muestra la distribución de 3 vacunos con sus 2 repeticiones (R1 y R2) de los 6 insumos, considerados como	**Población:** La población fue constituida por 4 forrajes y dos concentrados, (alfalfa, avena, alfalfa + trébol rojo y alfalfa + dactylis), (pasta de algodón y cebada molida, que fueron recolectados de las cuatro provincias: Huaytará, Acobamba, Tayacaja y Huancavelica. **Muestra:** Para los forrajes se recolectó 4kg de alfalfa, 4kg de avena, 4kg de alfalfa + trébol rojo y 4kg de alfalfa + dactylis en base fresca, provenientes de cada provincia. Donde se extrajo 125 gramos de muestra deshidratada y molida de cada provincia, haciendo un total de 500 gramos de muestra por población.	**Técnicas:** Los forrajes fueron recolectados de las 4 provincias de Huancavelica, entre los meses de febrero – abril, considerados como la época lluviosa, haciendo un corte con hoz a 5cm del ras del suelo de cada uno de los forrajes, encontrando a los forrajes a 10% de floración. **TÉCNICA DE ANÁLISIS DE DATOS** Para la composición química Las muestras de cada uno de los tratamientos a evaluar serán pre-deshidratadas en estufa de ventilación forzada de aire a 65 °C durante 72 horas y molidas en molino Willy en tamiz de 1 mm para posterior análisis de MS, PC, FDN y FDA,

química de forrajes asociados? ➢ ¿Cuál es la composición química de los alimentos concentrados? ➢ ¿Cómo es la cinética de degradabilidad ruminal *In situ* de forrajes solos? ➢ ¿Cómo es la cinética de degradabilidad ruminal *In situ* de forrajes asociados? ➢ ¿Cómo es la cinética de degradabilidad ruminal *In situ* de alimentos concentrados?	química de los alimentos concentrados. • Evaluar la cinética de la degradabilidad ruminal *In situ* de forrajes solos. • Evaluar la cinética de la degradabilidad ruminal *In situ* de forrajes asociados. • Evaluar la cinética de la degradabilidad ruminal *In situ* de los alimentos.			forrajes solos (alfalfa y avena), forrajes asociados (alfalfa + trébol rojo y alfalfa + dactylis) y los alimentos concentrados (pasta de algodón y cebada molida) con sus respectivos tiempos de incubación (0, 4, 8,12, 24, 48, 72 y 96 horas).	Asimismo, para los concentrados se extrajo 500gr de muestra de una población de 5 kg, tanto para la pasta de algodón y cebada molida. De los cuales para la composición química tenemos una cantidad de 16 gramos (molido a 1mm) ya sea para alfalfa, avena, alfalfa + trébol rojo, alfalfa + dactylis, pasta de algodón y cebada molida para el análisis de PC, FDN y FDA. Una cantidad de 384 gramos fue utilizada para la degradabilidad ruminal *In situ* (molido a 3mm) ya sea para alfalfa, avena, alfalfa + trébol rojo, alfalfa + dactylis, pasta de algodón y cebada para determinar la degradabilidad de la MS, PC, FDN y FDA.	siguiendo la metodología descrita por AOAC (1990) y Van Soest et al., 1966 Para los parámetros no lineares a, b y c serán estimados con el aplicativo Solver de Microsoft Excel. La degradabilidad efectiva de la MS (DEMS), de la PC (DEPC), FDN (DEFDN) y FDA (DEFDA) en el rumen será calculada por intermedio de la ecuación de (Orskov y McDonald, 1979).

Anexo 2

Evidencias fotográficas

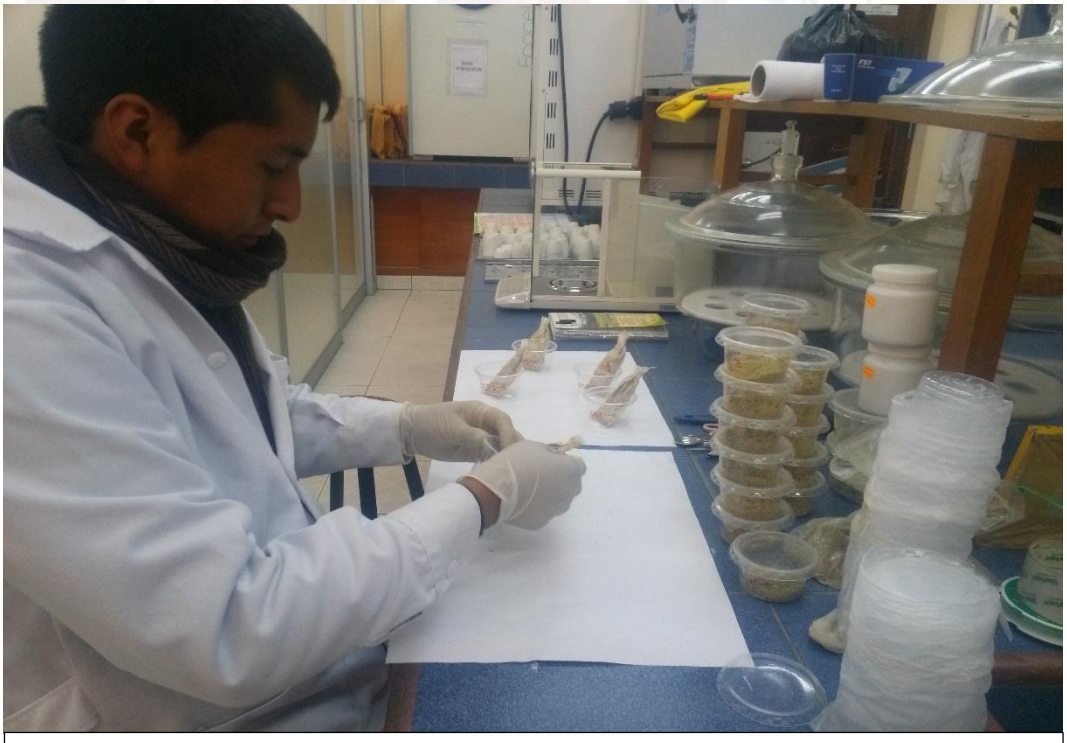
Incubación de las muestras

Lavado de las muestras

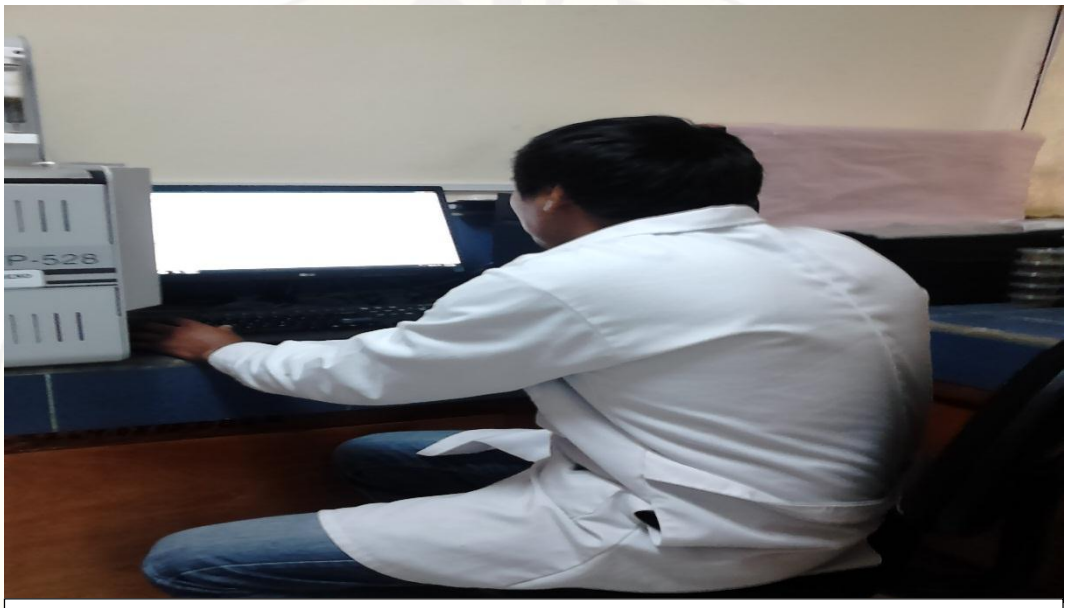
Secado de las muestras en la estufa de ventilación forzada a 105° C

Pesado de las muestras

Preparación de las muestras para MS, PC, FDN y FDA.



Análisis de las muestras para FDN y FDA.



Análisis de las muestras para PC.