UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA

(CREADA POR LEY N°.25265)

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE ZOOTECNIA

TESIS

EFECTO DE LOS TIEMPOS DE COSECHA DE LA CEBADA (*Hordeum vulgare L.*) SOBRE LA DEGRADABILIDAD DE LA FIBRA DETERGENTE NEUTRA Y ACIDA EN RUMEN DE TORETES

LÍNEA DE INVESTIGACION
PASTOS Y FORRAJES CULTIVADOS

DISCIPLINA
BIOTENOLOGIA AGRICOLA Y DE ALIMENTOS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO ZOOTECNISTA

PRESENTADO POR EL BACHILLER:
OCHOA FERNÁNDEZ, José

HUANCAVELICA - PERÚ
2018

ASESOR

M. Sc. José Luis, CONTRERAS PACO

DEDICATORIA

A mi padre Demetrio Ochoa Ampa, a mi querida madre Martha Fernández Castellares y a mis hermanos (Luis, Alejandrina, Esaú, Soledad, Celes y Esther) por su apoyo incondicional para cumplir con el objetivo de mi carrera profesional.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradezco a Dios padre por haberme dado salud y las fuerzas para poder culminar esta investigación.

Al término de la presente quiero expresar mi profundo agradecimiento a todas aquellas personas quienes hicieron posible que concluya el presente trabajo de investigación.

- Se agradece al financiamiento con recurso del fondo de desarrollo socioeconómico del proyecto de Camisea-FOCAM por el apoyo brindado en la realización del Proyecto "Evaluación de la siembra de avena y cebada asociado a la vicia y conservar el forraje para la alimentación de alpacas en las zonas altoandinas en el distrito de Huancavelica, provincias de Huancavelica, Castrovirreyna y Huaytara de la región Huancavelica", por su apoyo en brindar muestras de cultivos de cebada.
- Al Ing. José Luis Contreras Paco, en su calidad de asesor del presente trabajo de investigación quien me brindó su apoyo, dedicación en la ejecución del presente trabajo.
- Al Dr. Alfonso G. Cordero Fernández, quién me brindó su orientación e invalorable contribución para la ejecución del presente trabajo.
- Al Ing. James Curasma Ccente y al Ing. Daniel Enríquez Quispe, quienes me brindaron orientación e invalorable contribución para la ejecución del presente trabajo
- Quiero expresar de la manera especial mi agradecimiento sincero a mis familiares quienes supieron darme su constante apoyo para la culminación de esta primera parte de mi vida profesional.
- También quiero expresar mi sincero agradecimiento a los miembros del jurado: Dr. Manuel Castrejón Valdez, M.sc. Rodrigo Huamán Jurado, Ing. Yola Victoria Ramos Espinoza y M.sc. Héctor M. Guillen Domínguez por permitirme generosamente a formar parte de la investigación, por sus revisiones y sugerencias para su corrección, sus observaciones me dejaron mucho aprendizaje.

ÍNDICE GENERAL

		Pág.
PORTADA		i
ASESOR		ii
DEDICATORIA		iii
AGRADECIMIENTOS		iv
ÍNDICE GENERAL		v
ÍNDICE DE TABLAS		vii
RESUMEN		x
INTRODUCCIÓN		Xii
	CAPÍTULO I PROBLEMA	
1.1.	Planteamiento del problema	1
1.2.	Formulación del problema	2
1.3.	Objetivos	2
1.4.	Justificación	3
	CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	
2.1.	Antecedentes	5
2.2.	Bases teóricas	21
2.3.	Hipótesis	23
2.4.	Definición de términos	24
2.5.	Identificación de variables	26
2.6.	Definición operativa de variables	27
	CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	
3.1.	Ámbito de estudio	28
3.2.	Tipo de investigación	28
3.3.	Nivel de investigación	28
3.4.	Método de investigación	29
3.5.	Diseño de investigación	29

3.6. Población, muestra, muestreo 30
3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos 30
3.8. Procedimiento de recolección de datos 31
3.9. Técnicas de procesamiento y análisis de datos 37

CAPÍTULO IV
RESULTADOS

Tabla 1. Resumen del análisis de varianza de la degradabilidad ruminal de la materia seca (MS), proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) de la cebada en diferentes tiempos de cosecha. 38

Tabla 2. Medias de los parámetros de degradabilidad de la materia seca de la cebada en diferentes tiempos de cosecha. 40

Tabla 3. Medias y ecuaciones de regresión de los parámetros de degradabilidad de la proteína cruda de la cebada en diferentes tiempos de cosecha. 41

Tabla 4. Medias y ecuaciones de regresión de los parámetros de degradabilidad de la fibra detergente neutro de la cebada en diferentes tiempos de cosecha. 45

Tabla 5. Medias y ecuaciones de regresión de los parámetros de degradabilidad de la fibra detergente ácido de la cebada en diferentes tiempos de cosecha. 47

CONCLUSIONES 49
RECOMENDACIONES 50
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 51
ANEXO 58

ÍNDICE DE TABLA

		Pág.
Tabla 1.	Definición operativa de variables	27
Tabla 2.	Análisis de variancia de la degradabilidad de la materia seca de la cebada sometida a diferentes tiempos de cosecha.	59
Tabla 3.	Análisis de variancia de la degradabilidad de la proteína cruda de la cebada sometida a diferentes tiempos de cosecha.	59
Tabla 4.	Análisis de variancia de la degradabilidad de la fibra detergente neutro de la cebada sometido a diferentes tiempos de cosecha.	59
Tabla 5.	Análisis de variancia de la degradabilidad de la fibra detergente ácido de la cebada sometido a diferentes tiempos de cosecha.	60
Tabla 6.	Análisis de varianza de la regresión para la fracción soluble (degradabilidad inicial) (a) de la proteína cruda de la cebada en función a las diferentes edades de corte.	60
Tabla 7.	Análisis de varianza de la regresión para la fracción potencialmente degradable (degradabilidad máxima) (b) de la proteína cruda de la cebada en función a las diferentes edades de corte.	60
Tabla 8.	Análisis de varianza de la regresión para la tasa de degradación de la fracción b (c) de la proteína cruda de la cebada en función a las diferentes edades de corte.	60
Tabla 9.	Análisis de varianza de la regresión para degradabilidad potencial máxima de la proteína cruda (DPPC) de la cebada en función a las diferentes edades de corte.	60
Tabla 10.	Análisis de varianza de la regresión para la degradabilidad ruminal efectiva de la proteína cruda de la cebada con tasa de pasaje de 2 %/hora (DEPC 2 %/h), en función a las diferentes edades de corte.	61

Tabla 11. Análisis de varianza de la regresión para la degradabilidad ruminal efectiva de la proteína cruda de la cebada con tasa de pasaje de 5 %/hora (DEPC 5 %/h), en función a las diferentes edades de corte. 61

Tabla 12. Análisis de varianza de la regresión para la degradabilidad ruminal efectiva de la proteína cruda de la cebada con tasa de pasaje de 8 %/hora (DEPC 8 %/h), en función a las diferentes edades de corte. 61

Tabla 13. Análisis de varianza de la regresión para la tasa de degradación de la fracción b (c) de la fibra detergente neutro de la cebada en función a las diferentes edades de corte. 61

Tabla 14. Análisis de varianza de la regresión para la fracción soluble (degradabilidad inicial) (a) de la fibra detergente neutro de la cebada en función a las diferentes edades de corte. 61

Tabla 15. Análisis de varianza de la regresión para la fracción potencialmente degradable (degradabilidad máxima) (b) de la fibra detergente neutro de la cebada en función a las diferentes edades de corte. 62

Tabla 16. Análisis de varianza de la regresión para degradabilidad potencial máxima de la fibra detergente neutro (DPFDN) de la cebada en función a las diferentes edades de corte. 62

Tabla 17. Análisis de varianza de la regresión para la degradabilidad ruminal efectiva de la fibra detergente neutro de la cebada con tasa de pasaje de 2 %/hora (DEFDN 2 %/h), en función a las diferentes edades de corte. 62

Tabla 18. Análisis de varianza de la regresión para la degradabilidad ruminal efectiva de la fibra detergente neutro de la cebada con tasa de pasaje de 5 %/hora (DEFDN 5 %/h), en función a las diferentes edades de corte. 62

Tabla 19. Análisis de varianza de la regresión para la degradabilidad ruminal efectiva de la fibra detergente neutro de la cebada con tasa de pasaje de 8 %/hora (DEFDN 8 %/h), en función a las diferentes edades de corte. 62

Tabla 20. Análisis de varianza de la regresión para la fracción soluble (degradabilidad inicial) (a) de la fibra detergente ácido de la cebada en función a las diferentes edades de corte. 63

Tabla 21. Análisis de varianza de la regresión para la fracción potencialmente degradable (degradabilidad máxima) (b) de la fibra detergente ácido de la cebada en función a las diferentes edades de corte. 63

Tabla 22. Análisis de varianza de la regresión para la tasa de degradación de la fracción b (c) de la fibra detergente ácido de la cebada en función a las diferentes edades de corte. 63

Tabla 23. Análisis de varianza de la regresión para degradabilidad potencial máxima de la fibra detergente ácido (DPFDA) de la cebada en función a las diferentes edades de corte. 63

Tabla 24. Análisis de varianza de la regresión para la degradabilidad ruminal efectiva de la fibra detergente ácido de la cebada con tasa de pasaje de 2 %/hora (DEFDN 2 %/h), en función a las diferentes edades de corte. 63

Tabla 25. Análisis de varianza de la regresión para la degradabilidad ruminal efectiva de la fibra detergente ácido de la cebada con tasa de pasaje de 5 %/hora (DEFDA 5 %/h), en función a las diferentes edades de corte. 64

Tabla 26. Análisis de varianza de la regresión para la degradabilidad ruminal efectiva de la fibra detergente ácido de la cebada con tasa de pasaje de 8 %/hora (DEFDA 8 %/h), en función a las diferentes edades de corte. 64

RESUMEN

El propósito del presente trabajo de investigación fue evaluar las degradabilidades potencial y efectiva *In situ* de la materia seca (MS), proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) de la cebada *(Hordeum vulgare L.)* en los tiempos de cosecha: 130, 150 y 170 días. Se utilizaron bovinos machos de la raza Brown Swiss, fistulados en el rumen, con edades de 3 años, y peso medio de 420 kg. La cebada *(Hordeum vulgare L.)* de acuerdo a los tiempos de cosecha fueron pesados en sacos de nailon e incubados todos a la vez y retirados en los tiempos de 0, 6, 12, 24, 48 y 72 horas, después de la incubación. El experimento fue conducido en un diseño de bloques completamente al azar (3 animales), con arreglo factorial de 3 x 6 (tiempos de cosecha y tiempos de incubación). El efecto del animal no fue significativo para la MS y PC; pero si hubo influencia significativa ($P < 0.01$), para la FDN y FDA. Los tiempos de cosecha, el tiempo de incubación e interacciones tiempos de cosecha y tiempo de incubación influenciaron en la degradabilidad ruminal de la MS, PC, FDN y FDA, excepto para la PC que no existió interacción significativa entre los tiempos de cosecha y tiempo de incubación. Las degradabilidades potenciales de la MS (86,71; 90,27; 82,83 %), PC (89,48; 77,69; 82,15 %), FDN (85,21; 72,81; 81,18 %) y FDA (86,41; 70,33; 80,76 %) fueron altas, con modelos de regresión de tipo cuadrático; así como la degradabilidad efectiva de la PC a la tasa de pasaje de 5 %/h (66,04; 66,21; 69,54 %), FDN (56,09; 51,10; 58,60 %) y FDA (58,26; 50,23; 54,07 %). El análisis de variancia de la regresión no reveló efecto de los tiempos de cosecha en la degradabilidad potencial ni efectiva de la MS en las tasas de pasajes de 2, 5 y 8 %/hora. La tasas constantes de degradación “c” de la MS (2,00; 1,67 y 2,33 %/h respectivamente), PC (3,00; 6,33; 5,33 %/h), FDN (2,80; 2,77; 3,39 %/h) y FDA (3,01; 3,02; 3,35 %/h) fueron bajas. Se concluyó que por la degradabilidad efectiva de la fibra detergente neutro y ácido a las tasas de pasajes de 2 % y 5 %/hora la cebada a la edad de 130 días de crecimiento permite clasificarlo como un forraje de un buen potencial nutritivo para rumiantes y por las mayores fracciones solubles y altas degradabilidades efectivas de la PC en las tres edades de corte evaluadas permite clasificar a esta especie como de buena calidad nutricional.

Palabras claves: degradabilidad potencial, degradabilidad efectiva, tiempo de incubación, tasa de pasaje.

ABSTRACT

The purpose of this research work was to evaluate the potential and effective *In situ* degradability of dry matter (DM), crude protein (PC), neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) of barley (*Hordeum vulgare L.*) at harvest time: 130, 150 and 170 days. Bovine males of the Brown Swiss breed, fistulated in the rumen, with ages of 3 years, and average weight of 420 kg were used. The barley (*Hordeum vulgare L.*) according to the harvest times were weighed in nylon bags and incubated all at once and removed at the times of 0, 6, 12, 24, 48 and 72 hours, after incubation. The experiment was conducted in a completely random block design (3 animals), with a factorial arrangement of 3 x 6 (harvest times and incubation times). The effect of the animal was not significant for the MS and PC; but there was significant influence (P <0.01), for the FDN and FDA. Harvest times, incubation time and interactions, harvest times and incubation time influenced the ruminal degradability of the MS, PC, FDN and FDA, except for the PC that there was no significant interaction between harvest times and time of harvest incubation. Potential degradabilities of MS (86.71, 90.27, 82.83%), PC (89.48, 77.69, 82.15%), FDN (85.21, 72.81, 81.18) %) and FDA (86.41; 70.33; 80.76%) were high, with regression models of the quadratic type; as well as the effective degradability of the PC at the passage rate of 5% / h (66.04, 66.21, 69.54%), FDN (56.09, 51.10, 58.60%) and FDA (58.26; 50.23; 54.07%). The analysis of variance of the regression did not reveal the effect of the harvest times on the potential or effective degradability of the MS in the passage rates of 2, 5 and 8% / hour. The constant degradation rates "c" of the MS (2.00, 1.67 and 2.33% / h respectively), PC (3.00, 6.33, 5.33% / h), FDN (2.80, 2.77, 3.39% / h) and FDA (3.01, 3.02, 3.35% / h) were low. It was concluded that the effective degradability of the neutral and acid detergent fiber at the pass rates of 2% and 5%/hour, the barley at the age of 130 days of growth allows it to be classified as a forage with a good nutritional potential for ruminants and Due to the higher soluble fractions and high effective degradabilities of PC in the three cut ages evaluated, this species can be classified as having a good nutritional quality.

Key words: potential degradability, effective degradability, incubation time, rate of passage.

INTRODUCCIÓN

Las condiciones climáticas de la sierra del Perú diferencian dos periodos bien definidos, un periodo corto de lluvias, con abundante pasto de buena calidad y un periodo con disminución de la temperatura, reducción del fotoperiodo y ausencia de lluvias que dan lugar a déficits cuantitativos y cualitativos en la producción de los pastos, preferentemente en la época seca y fría (entre mayo y octubre) de cada año. En este período los pastos no aportan todos los nutrientes, eso hace que los animales no logran cubrir sus requerimientos nutritivos, jugando un papel importante en la alimentación del ganado. (Villanueva y San Martin 1997).

La alimentación animal en la sierra del Perú está basada principalmente en el uso de forrajes, así como los residuos de cosecha. En muchos casos, debido a la baja disponibilidad y bajo valor nutritivo de los pastos existe un desbalance entre los nutrientes consumidos y la demanda fisiológica del animal, lo que limita la productividad del sistema de la producción animal.

La técnica de degradabilidad "*In situ*" es una forma de evaluar indirectamente la degradabilidad (potencial - efectiva) y la digestibilidad de los alimentos, siendo una de las mediciones más coincidentes con la realidad, permitiendo estudiar la dinámica de transformación del alimento en el rumen (Nocek, 1988).

Los tiempos de cosecha, los tiempos de incubación de la cebada (*Hordeum vulgare L.*), y la determinación de la Fibra Detergente Neutra (FDN), Fibra Detergente Acida (FDA), Materia Seca (MS) y Proteína Cruda (PC), son indicadores para la determinación de la calidad de forraje; Rogério da Silva et al. (1999). Teniendo en cuenta los aspectos antes mencionados se planteó el presente trabajo de investigación, con el siguiente objetivo: Evaluar el efecto de la degradabilidad de la fibra detergente neutra y acida en diferentes tiempos de cosecha de la cebada (Hordeum vulgare L.) en rumen de toretes.

El Autor.

CAPÍTULO I

PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

La fibra juega un papel muy importante dentro de la alimentación del ganado lechero y rumiantes en general, indispensable para mantener la funcionalidad ruminal, estimular el masticado, la rumia y mantener un pH ruminal adecuado, que permita la buena salud y digestión. Además, la calidad y cantidad de fibra consumida afectan la capacidad de consumo voluntario y la cantidad de energía que pueda aportar una ración (Weiss, 1993a, 1993b).

El exceso de fibra reduce la capacidad de ingestión de alimentos, la digestibilidad de la ración, la síntesis de proteína microbiana ruminal, y el aporte de energía. Por otro lado la falta de fibra resulta una depresión de la grasa en la leche, acidosis, laminitis y desplazamiento de abomaso, debido a desequilibrios físicos (falta de llenado ruminal) o fermentativos (reducción del pH ruminal). Allen, (1991). Por lo tanto las diferentes fracciones de los alimentos y forrajes, la FDN es la que mide mejor la capacidad de los mismos de ocupar volumen en el tracto gastrointestinal, por lo que generalmente se asocia con el llenado físico del animal o sea con su capacidad de consumo de materia seca (MS) (Harris, 1993; Chalupa et al., 1996). Y el contenido de FDA de los alimentos fibrosos se utiliza para estimar el contenido de energía de los mismos (Donker, 1989).

El rendimiento y calidad forrajera se encuentran altamente influenciados por la interacción genotipo-ambiente, también a través del tiempo (Espitia et. al., 2012). Así mismo uno de los indicadores para la utilización de la cebada (*Hordeum vulgare L.*), son los tiempos de cosecha, ya que es un indicador principal para poder determinar la calidad de forraje, que se basa en función al porcentaje de proteína cruda (PC, fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente acida (FDA), etc. Rogério da Silva et al. (1999). Por lo mencionado, este trabajo busca determinar el porcentaje de fibra detergente neutra y fibra detergente acida en términos de

degradabilidad potencial y efectiva de la cebada *(Hordeum vulgare L.),* para la utilización de la especie en la formulación de raciones. Lo cual ayudara al productor a elegir la cebada como un alimento de mayor calidad nutritiva con menor costo posible.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el efecto de los tiempos de cosecha de la cebada (*Hordeum vulgare L.*) sobre la degradabilidad de la fibra detergente neutra y acida en rumen de toretes?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de la degradabilidad de la fibra detergente neutra y acida en diferentes tiempos de cosecha de la cebada *(Hordeum vulgare L.)* en rumen de toretes.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar la degradabilidad *In situ* de la materia seca (MS), en términos de las degradabilidades potencial (DPMS) y efectiva (DEMS) de la cebada (*Hordeum vulgare L.*) en diferentes tiempos de cosecha de 130, 150 y 170 días.
- Determinar la degradabilidad *In situ* de la proteína cruda (PC), en términos de las degradabilidades potencial (DPPC) y efectiva (DEPC) de la cebada (*Hordeum vulgare L.*) en diferentes tiempos de cosecha de 130, 150 y 170 días.
- Determinar la degradabilidad *In situ* de la fibra detergente neutro (FDN), en términos de las degradabilidades potencial (DPFDN) y efectiva (DEFDN) de la cebada (*Hordeum vulgare L.*) en diferentes tiempos de cosecha de 130, 150 y 170 días.

- Determinar la degradabilidad *In situ* de la fibra detergente ácido (FDA), en términos de las degradabilidades potencial (DPFDA) y efectiva (DEFDA) de la cebada (*Hordeum vulgare L.*) en diferentes tiempos de cosecha de 130, 150 y 170 días.

1.4. Justificación

El trabajo de investigación se realizó, debido a que no se encuentran investigaciones específicas en el tema de degradabilidad (potencial y efectiva) de la cebada en toretes, considerando los tiempos de cosecha y los tiempos de incubación que son temas relevantes a nivel académico para la comunidad científica.

La razón del estudio va directamente a la composición química de la cebada en temas de degradabilidad de la fibra detergente neutra (FDN), así como la degradabilidad de la fibra detergente acida (FDA), partiendo del analisis de la materia seca (MS). Estudios sujetos a pruebas de ensayos con degradabilidad *In situ*.

El análisis de la degradabilidad de la materia seca para la fibra detergente neutra (FDN) y fibra detergente acida (FDA), resolvió los porcentajes de la degradabilidad potencial (DP) y degradabilidad efectiva (DE), que indican los porcentajes de alimento degradado en el rumen y los porcentajes de alimento digerido por el animal, dichos datos son de suma importancia para aportar conocimientos microteoricos.

Para el productor el análisis del porcentaje de la degradabilidad de las variables dependientes que será determinada en este trabajo, ayudara a la utilización potencial de la cebada, de manera confiable como una alternativa en la alimentación de los rumiantes que no solo será en las épocas de escases sino también durante todo el año.

Dando a conocer la adaptación a mayores rangos de altitud y el alto contenido de materia seca de la cebada, considerando el tiempo adecuado de cosecha y aprovechar el mayor tenor de nutrientes. Por tanto, interesa intensificar al máximo la alternativa forrajera y asegurar un alto rendimiento del forraje.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. A nivel nacional

Juárez *et.al.* (2003); realizaron la investigación: "*Degradabilidad In situ de la fibra detergente neutro y consumo de energía metabolizable por ovinos en pastoreo*" - México, cuyo objetivo fue estimar la degradabilidad *In situ* de la Fibra Detergente Neutro (FDN) y el consumo de energía metabolizable (EM) por ovinos en pastoreo.

Dando como resultado que la composición química fue diferente entre meses (P<0.05). Los promedios de PC, FDN, FDA, Lignina, Hemicelulosa, Celulosa y lignina fueron 176, 542, 369, 141, 190 y 228 g/kg MS respectivamente. Los valores para las fracciones A, B y c fueron altos y diferentes (P<0.05) entre meses; los valores promedio para estas variables fueron (g/g) 0.339, 0.475 y 0.0390 (% h - 1), respectivamente. El contenido en energía de la dieta (1.5 a 2.0 Mcal/d) no cubrió las necesidades de gestación y lactación de las borregas.

Concluyeron que a pesar de la alta degradabilidad de la FDN, en las condiciones del presente estudio, es necesario complementar la dieta consumida por el ganado con una fuente de energía degradable.

Razz, *et.al.* (2004); investigaron: "*Cinética de la degradabilidad In situ de la Leucaena leucocephala y pasto guinea (Panicum maximum*)" - Venezuela, cuyo objetivo fue evaluar la degradabilidad *In situ* de la materia seca (MS) y proteína cruda (PC) de la Leucaena leucocephala y pasto guinea (Panicum maximum).

Los resultados mostraron un efecto significativo (P<0,05) de las especies sobre la cinética de degradabilidad *In situ* de la MS (Materia Seca). Observándose mayor degradabilidad inicial (20,83%) y efectiva (49,53%) en la leucaena, mientras que, la degradabilidad máxima (58,68%) fue superior en el pasto guinea. La menor tasa de degradación (0,0389 h-1) se observó en el pasto guinea y la degradabilidad potencial no mostró diferencias entre las especies. En cuanto a la PC (Proteína Cruda), los mayores porcentajes de degradabilidad inicial (6,12) y potencial

(52,10) se obtuvieron en el pasto guinea, mientras que, la tasa de degradación fue inferior (0,013 h-1) a la de la leucaena. Llegando a la conclusión que la degradabilidad máxima de la PC (Proteína Cruda) fue similar entre las especies, mas no en la MS (Materia Seca).

Salinas, *et.al.* (2004); investigaron sobre: "*Digestibilidad In situ de la materia seca de tres dietas para ovinos de engorda"* - México, cuyo objetivo de este trabajo fue medir la digestibilidad *In situ* de la materia seca (DISMS) de tres dietas de engorda para ovinos.

Los resultados mostrados fueron, en T1 se observó el mayor valor (P<0,05) de digestibilidad a las 0 y 4 h. Para las 24 h, la mayor (P>0,05) fracción digestible fue para T2. A las 48 h no se observó diferencia entre tratamientos (P>0,05). La fracción rápidamente soluble y la constante de degradación fueron mayores (P<0,05) en T1 que T2 y T3.

Llegaron a la conclusión que la dieta T1 presentó la fracción más digestible en las primeras horas de incubación en rumen (0 y 4). La dieta T3 se digirió en menor proporción; sin embargo, pudiera ser la mejor para la engorda de ovinos, por menor riesgo de acidosis.

Rossi, *et.al.* (2003); realizaron la investigación: "*Degradabilidad In situ de forrajeras del pastizal natural en un sistema silvopastoril con salicáceas"* – Argentina*,* el objetivo de este trabajo fue evaluar la degradabilidad *In situ* de las principales especies forrajeras del pastizal nativo en un sistema silvopastoril con salicáceas.

Los resultados para 24 h, Alternantheraphiloxeroides resultó ser la especie de mayor degradabilidad con 78,5%. Lolium multiflorum (54,7%) se ubicó en segundo lugar y Phalaris angusta (43,1%) y Echinochloa helodes (43,0%) se ubican juntas en el tercer orden. El resto de las especies muestran valores inferiores a 40%, ubicándose en el último grupo Carex riparia (24,8%), Paspalum urvillei (21,4%) y Panicum pernambucense (19,7%), sin diferencias significativas entre ellas.

Para 48 h, A. philoxeroides con 80,7% resultó la de mayor valor, luego se ubicaron P. angusta (63,0%) y L. multiflorum (62,5%). Por su parte, E. helodes resultó en tercer orden con 52,4%. El cuarto grupo lo integraron Paspalidium paludivagum (45,1%) y Glyceria multiflora (44,1%).

Concluyeron que A. philoxeroides resultó ser la especie de mayor degradabilidad *In situ* de todas las especies analizadas, con porcentajes sumamente elevados para ambos lapsos. Las especies L. multiflorum, P. angusta y E. helodes merecen ser destacadas ya que resultaron con los valores muy interesantes.

Rosales *et al*. (2013); investigaron sobre: "*Degradabilidad ruminal In situ y digestibilidad in vitro de diferentes formulaciones de ensilados de maíz-manzana adicionados con melaza"* – México, cuyo objetivo fue la determinar el contenido de MS, PC, EE, FC, Cenizas, ELN, FDN, FDA y se calculó el TND, ED y EM de la mezclas.

Los resultados para los tratamientos con 75% de manzana registraron mayores valores de IVTD (76.3%) y de los parámetros "kd" (0.055*h-1), "DE" (64.9%) y "DP" (85.6%). El uso de 0, 5 y 10% de melaza aumentó la IVTD (66.7b, 70.1a, y 72.2a%), la fracción "A" (40.9b, 43.2b, 47.2a%), "DP" (81.11c, 84.00b y 85.21a%), "DE" (55.88b, 62.55a y 64.59a%), pero redujo la fracción "B" (47.25a, 41.63b y 38.76c %), respectivamente. Se concluyó que la mezcla de 25:10 manzana-melaza ofreció el mejor costo-beneficio (4.28 $/kg de MS digestible).

Valencia, (2010); realizo: "*Comparación de la digestibilidad in vivo de dos especies de forrajes de bajo valor nutritivo: el King Grass (Pennisetum hybridum) y el Resucitado (Malvaviscus arboreus Cav.)"* – Argentina.

Cuyo objetivo fue determinar la digestibilidad de los forrajes en cinco tratamientos con diferentes proporciones de las dos especies, mediante una prueba in vivo con 15 ovinos de la raza Africana.

El forraje que mejores resultados presentó fue el P. hybridum y los tratamientos con diversas proporciones conteniendo esta especie. Esto se relaciona con una mayor

biodisponibilidad de los principios nutritivos y el mayor porcentaje de nutrientes digestibles totales presentes en esta gramínea.

Llegando a la conclusión que a través de los resultados obtenidos se pretende generar información para la toma de decisiones sobre la conveniencia o no del cultivo de los forrajes mencionados por su consumo y aprovechamiento dentro de la dieta alimenticia en rumiantes.

González, *et.al.* (2012); realizaron la investigaron: "*Evaluación de la composición química, degradabilidad efectiva ruminal (DE) In situ de la materia seca (MS) y digestibilidad aparente y verdadera in vitro de la MS, MO, FND y FAD. En ecotipos de Tithonia diversifolia"* – México. Cuyo objetivo fue determinar composición química, degradabilidad efectiva ruminal (DE) *In situ* de la materia seca (MS) y digestibilidad aparente y verdadera in vitro de la MS, MO, FND y FAD.

Llegando a los resultados: que el ajuste de los datos de degradabilidad ruminal *In situ* al modelo propuesto mostró R2 superiores a 0.89. En los ecotipos estudiados, los estimados de digestibilidad aparente de MS y MO (DAIVMS y DAIVMO) mantuvieron valores inferiores a las digestibilidades verdaderas de ambos constituyentes (DVIVMS y DVIVMO). Existieron diferencias entre cada uno de los materiales vegetales por indicador ($P < 0.01$, $P < 0.001$).

Concluyeron que los resultados del análisis de la composición química, degradabilidad ruminal *In situ* de la MS y digestibilidad aparente y verdadera in vitro de la MS, MO, FND y FAD de los ecotipos de T. diversifolia sugieren su valor nutricional. Sin embargo, se necesitan estudios fisiológicos que relacionen la frecuencia de corte, nivel de inclusión de estos ecotipos.

Granet, E. y Barry, P. (1987)*; realizaron el: "Estudio microscópico de la digestión de las paredes de las plantas de cáscaras de soja y colza en el rumen"* – Francia, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la digestión microbiana del rumen de dos subproductos, cáscaras de soja (paredes celulares compuestas principalmente de celulosa y hemicelulosas) y cáscaras de colza (paredes celulares altamente lignificadas).

Los resultados mostraron que los colorantes utilizados, así como las observaciones de fluorescencia, no revelan ninguna pared lignificada, lo que confirma los resultados de los análisis químicos. La digestión de P libera la base de As después de 8 horas de residencia. Esto luego se digiere gradualmente y Apa es atacado por los microorganismos después de 24 horas de residencia y es casi completamente digerido después de 72 horas. Concluyeron que las observaciones destacan el papel de la lignina en la digestión de las paredes por los microorganismos, el rumen.

Slanac, *et.al.* (2006); *"Degradación ruminal de la materia seca de dos especies del pastizal natural del nordeste argentino"* – Argentina, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la cinética de la degradación ruminal de Materia Seca (MS) en diferente épocas del año de Paspalun notatum (Pasto Horqueta) y Sorghastrum agrostoides (Paja Amarilla) en rumen de bovinos alimentados con pastura natural.

Cuyos resultados fueron: el porcentaje de desaparición, de la MS a las 24 horas de incubación de ambos pastos el comportamiento fue similar para las épocas de otoño y verano, a diferencia de lo ocurrido para el caso de invierno y primavera, donde los valores fueron de 42,12 y 44,02 % para Pn y de 29,37 y 31,80 % para Sa respectivamente. Para el horario de 72 horas de incubación, los valores de desaparición de la MS hallados para Pn fueron 57,19; 53,97; 55,82 y 62,24 para verano, otoño, invierno y primavera respectivamente, mostrando un leve aumento de desaparición de MS en esta última estación del año. Teniendo en cuenta los valores del in situ de ambas especies para los dos horarios de la época invernal vemos que Pn tuvo la más alta degradabilidad 42,12 y 55,82 % (24 y 72 hs) que Sa con 29,37 y 54,76 % respectivamente.

Concluyeron que el parámetro de degradabilidad ruminal no cambian drásticamente con la estación del año (época), lo que haría pensar que tampoco cambiaría la calidad nutricional.

Martins, *et.al*. (1999); "*Degradabilidad in situ ruminal de materia seca y proteína cruda de ensilados de maíz, sorgo y algunos piensos concentrados"* - Brasil, cuyo objetivo fue evaluar por la técnica in situ la degradabilidad efectiva de la materia

seca (MS) y proteína bruta (PB) de los silajes de maíz y sorgo del maíz, sorgo, salvado de trigo, triticale, de la raspa de mandioca, pulpa cítrica, el salvado de soja, el salvado de algodón y la harina de carne, huesos y agruparlos en cuanto a sus características de degradación ruminal.

Los resultados fueron: La degradabilidad efectiva (DE) de MS (5% / h) para ensilaje de maíz, ensilaje de sorgo, maíz, sorgo, salvado de trigo, triticale, raspado de yuca, pulpa de cítricos, harina de soja, harina de semilla de algodón y harina de carne y hueso fue: 54.8, 46.0, 37.6, 54.3, 80.4, 88.7, 75.0, 67.5, 74.1, 65.9 y 39.4%, respectivamente. Las degradabilidades efectivas CP fueron: 70.4, 67.9, 40.2, 42.7, 86.5, 89.3, 71.7, 62.1, 57.3, 81.4 y 47.5%, respectivamente. El grupo de alimentación se realizó de acuerdo con la dinámica de degradación de DM y PC ruminal, mediante el método de Tocher.

Llegando a la conclusión que la fracción potencialmente degradable y su tasa de degradación fueron las variables de mayor poder de discriminación para la formación grupal.

Espitia *et.al.* (2007); investigaron: *"Momento óptimo de corte para la obtención de mayor cantidad y calidad de forraje"* – México, cuyo objetivo fue determinar el momento óptimo de corte para obtención de mayor cantidad y calidad de forraje, y comparar variedades en cuanto a rendimiento de forraje.

Dando como resultado que encontraron diferencias altamente significativas en todas las variables para los factores de variación, localidades, muestreos y variedades, así como para las interacciones localidades por muestreos y localidades por variedades. Las etapas de corte con mayor cantidad de forraje fueron en estado lechoso y masoso del grano con cosecha de hasta 19 t ha-1 de materia seca, y en cuanto a calidad, la mejor etapa fue la de embuche, registrando hasta 24% de proteína.

Llegando a la conclusión que el mejor rendimiento forrajero se obtuvo en Juchitepec en 2007 mientras que la variedad con mayor porcentaje de proteína fue Saia. Algunas líneas superaron a las variedades testigo en cantidad y calidad del forraje producido, lo que indica que existe potencial para aplicar esquemas de

selección y a futuro ofrecer al agricultor opciones para producir forraje en mayor cantidad y calidad.

Rogério da Silva et al. (1999); realizaron la investigación: *"Degradaciones in situ de la materia seca, proteína cruda y fibra neutro detergente de la hierba furachão (Panicum repens, L.) en edad de fertilización y corte"* – Brasil.

Cuyo objetivo fue evaluar las degradabilidades potenciales y efectivas de la materia seca (MS), proteína cruda (CP) y fibra detergente neutra (NDF) del pasto furachão (Panicum repens, L) en diferentes edades de corte (15, 30), 45, 60 y 75 días) con la presencia o ausencia de fertilización. También se determinaron las velocidades de paso de las fases de digesta líquida y sólida.

Dando como resultado que las edades de corte, la fertilización, los tiempos de incubación y las interacciones entre las edades de corte y la fertilización y entre el tiempo de incubación y la fertilización afectaron las degradaciones ruminales de la MS, PB y NDF. La potencial degradabilidad de la MS aumentó con el tiempo de incubación. La fertilización aumentó y la edad de corte disminuyó las degradabilidades efectivas de MS, CP y NDF. Las tasas de degradación de la materia seca variaron de .0481 a .0299 h-1.

Concluyeron que el potencial de degradación ruminal de la MS, PB y FDN del pasto-huracán varía con la edad de corte y la fertilización, las tasas de degradación de la materia seca disminuyeron, de 15 a 75 días de edad, de 0,0481 a 0,0229 y 0,0402 a 0,0327 h-1, respectivamente, para el pasto abonado y no abonado. Los respectivos descensos en las tasas de degradación de la fibra en detergente neutro fueron de 0,0447 a 0,0231 y 0,0357 a 0,0232 y las tasas de degradación de la proteína bruta decrecieron, en el período de 15 a 60 días de edad, de 0,0454 a 0,0307 y de 0,0419 a 0,0274, respectivamente, para el pasto abonado y no abonado.

Anrique, (2000); realizo la investigación: "*Efecto del ensilado sobre la composición química y degradabilidad ruminal de la pomasa de manzana".* – Chile, cuyo objetivo

fue evaluar el efecto del proceso ensilado en la composición química y la dinámica degradativa ruminal de la pomasa de manzana.

Dando como resultado que el ensilado produjo un aumento del contenido relativo de MS, PC, FC, Y FDA (43.7, 13.0, 14.3 y 18.4% respectivamente) y una reducción del contenido de EM (4.9%). La degradabilidad de la materia fue mayor en pomasa fresca que ensilada ($p<0.05$) sin embargo, la ventaja que correspondió a 26% a las 2 horas, luego se redujo a 3.3% a las 36 horas (84.9 y 82.2%). 93-95% de la degradabilidad potencial (a+b) se obtuvo a las 36 horas de fermentación.

Los valores de la fracción soluble (a), lentamente degradable (b) y no degradable (C) de pomasa fresca y ensilada, respectivamente fueron: 26.5 y 13.8; 62.3 y 75.7, 11.2 y 10.5%; la degradabilidad potencial y la constante de degradación (c) para pomasa fresca y ensilada fueron respectivamente: 88.8 y 89.5%, 0.076 y 0.065 horas. Llegando a la conclusión que en pomasa ensilada la fracción insoluble contribuyo más al total de MS degradada a las 36 horas (73.4 vs 92.1%) sugiriendo una mayor degradabilidad de la fibra y un patrón degradativo más uniforme a través del tiempo.

Ku Vera, *et.al.* (1999); *"Árboles y arbustos para la producción animal en el trópico mexicano"*- Mexico, el objetivo de este estudio fue discutir algunos aspectos del valor nutritivo de varias especies de árboles y arbustos de uso múltiple que tienen potencial para ser empleados en los sistemas de producción de rumiantes en el trópico mexicano.

Los resultados encontrados fueron: La solubilidad (tiempo cero) de la PC corregida para escape de partículas pequeñas de la bolsa (López et al., 1994) para B. alicastrum, G. ulmifolia y E. tinifolia fue de 22.4, 17.3 y 21.4% y la extensión de la digestión ruminal de la FDN fue de 79.7, 52.2 y 18.5% respectivamente.

La digestibilidad in vitro de la MS del follaje de G. ulmifolia fue de 37.9% (I. Armendáriz, J. Solorio y J. Ku; resultados no publicados), un resultado comparable al valor de 41.3% (con 30% de incorporación de G. ulmifolia) reportado en este trabajo (Experimento 3). Yerena et al. (1978) reportaron la digestibilidad aparente in vivo de la MS del B. alicastrum de 67.1%. Sin embargo, Figueras (1949) encontró

un valor de digestibilidad aparente más bajo para la MS del B. alicastrum (55.4%). La técnica de digestibilidad in vitro en dos etapas (Tilley y Terry, 1963), representa una alternativa rápida y económica para conocer el valor nutritivo de las especies de árboles y arbustos (Sotelo, Contreras y Flores, 1995) disponibles para los rumiantes en el trópico.

Concluyendo que se debe de intentar un enfoque de investigación participativa en la misma finca o en unidades demostrativas diseñadas ex profeso, para los estudios de valor nutritivo de las especies de árboles y arbustos en rumiantes, con el fin de evaluar la viabilidad biológica, social y económica de las alternativas propuestas.

Salado, *et al.* (2005); investigo; *"Cascarilla de soja y afrechillo de trigo: cinética de la degradabilidad ruminal de la fibra"* – México, cuyo objetivo fue estudiar la cinética de digestión ruminal de la fibra detergente neutro (FDN) de la CS, tomando al AT como patrón de comparación. Con tiempos de incubación de (0, 3, 6, 9, 12, 24, 36, 48 y 72 hs) y con velocidades de pasaje de (kp): 3, 5 y 7 % hora-1.

Los resultando encontrados fueron: Que la cascarilla de soja tiene un menor contenido de proteína y energía, y un mayor contenido de fibra que el afrechillo de trigo. El mayor valor energético del afrechillo podría explicarse por su elevado contenido de lípidos (6,65%). A pesar del alto contenido de fibra de la cascarilla de soja (67,11%), su grado de lignificación es bajo (1,70%), por lo tanto su digestión potencial en el rumen es muy elevada. En efecto, la degradabilidad efectiva de la fibra de CS presenta una reducción marcada (54 a 33%), cuando el kp pasa del 3 al 7% hora-1, mientras que para AT la disminución es mínima (48 y 43% hora-1, respectivamente).

Concluyeron que es coincidente en afirmar que la CS es una fuente de fibra digestible en rumen y bajo contenido de almidón y a causa de estas características podría reemplazar en parte a los granos de cereales en raciones para vacas lecheras, evitando superar de esta forma el porcentaje de carbohidratos no estructurales recomendado (36-40% de la MS). Llegando a comprobar que se puede incluir CS hasta en un 20-25% de la MS (reemplazando hasta un 50 % de la mezcla de granos) en raciones totalmente mezcladas (TMR) con una relación

forraje (silaje de alafalfa y/o de maíz): concentrado (mezcla de granos) de 50:50 (base MS), sin alterar la producción y composición de la leche.

Boschini, (2001); investigo: "*Degradabilidad In situ de la materia seca, proteína y fibra del forraje de morera"* - Costa Rica, el objetivo de este estudio fue evaluar la degradación ruminal de la materia seca, proteína cruda y la fibra detergente neutra contenida en hojas y tallos, cosechada en diferentes estados de madurez.

Dando como resultado que la degradabilidad potencial en los tres componentes estudiados fue disminuyendo conforme aumento la edad del rebrote. La fracción soluble de la materia seca vario de 29 a 25% en la hoja y de 27 a 19% en el tallo al aumentar la edad de 56 a 112 días.

La fracción degradable en la hoja se mantuvo constante en las tres edades (61 y 63%) con tasas de degradación ruminal de 14, 10 y 9%/h a 56, 84 y 112 días. En el tallo la fracción degradable disminuyo de 42 a 30% entre 56 y 112 días con velocidades de degradación de 8, 4, 6, 7 y 5, 3%/h al aumentar la edad.

La proteína cruda soluble disminuyo de 41 a 33% en la planta entera, conforme aumento la edad y la fracción degradable permaneció constante en 49-51%. La tasa de degradación fue superior a 9,4%/h. La fibra neutro de detergente presento una fracción degradable de 71%, 62% y 43% a 56, 84 y 112 días respectivamente, con tasas de degradabilidad de 13, 10 y 9%/h en el mismo orden. Dando con la conclusión que la degradación de la fibra neutro detergente se inició en el rumen con un tiempo de rezago de 1.5 a 3.2 horas.

Ernesto *et.al.* (1999); realizaron la investigación: "*Degradación ruminal In situ del grano de maíz (zea mays), cebada (Hordeum vulgare) y lupino dulce (Lupinus albus) con el uso de diferentes métodos de procesamiento"*- Chile.

El objetivo de esta investigación fue determinar la tasa de degradación ruminal *In situ* de granos de maíz (*zea mays*), cebada (*Hordeum vulgare*) y lupino dulce (*Lupinus albus*) con el uso de diferentes métodos de procesamiento.

Obteniendo como resultado que los diferentes métodos de procesamiento tienen marcadas diferencias en la degradación de estos granos. El tratamiento de mayor

degradabilidad en los tres granos tanto para la MS como para la PC, fue el molido de lupino (99% y 98,9%), cebada (96,4% y 91%) y maíz (89,8% y 69,2%), respectivamente. El tratamiento aplastado y molido en cebada y maíz presentó una degradación similar pero numéricamente, el aplastado fue inferior al molido tanto para la MS como para la PC. Los tratamientos de menor degradabilidad fueron el entero seguido por el tratado con NaOH al 2% para los tres granos en estudio.
Llegando a la conclusión que el tratamiento con NaOH tuvo buenos resultados en la cebada y el maíz, al compararlo con el grano entero, alcanzando valores de digestibilidad de MS de 68,3% vs l0,2%, para grano de maíz tratado con NaOH y entero, respectivamente, y de 70% vs 11,3% en cebada para los mismos tratamientos. Sin embargo, con el grano de lupino no se logró un aumento satisfactorio en la tasa de digestibilidad de MS del grano tratado con NaOH (37,5%) al compararlo con el grano entero (3 l ,7).

Pulido *et.al.* (2000); investigaron*: "Degradabilidad ruminal del forraje disponible en la pradera y del aparentemente consumido por vacas lecheras"* – Brasil, el objeto de este estudio fue evaluar la dinámica degradativa de forrajes, en muestras de una pradera permanente (*Lolium perenne L.),* manejadas a dos alturas de pradera, alta y baja.
El resultado de la degradabilidad potencial (g/kg MS) de MS, MO y nitrógeno, fue significativamente mayor (P<0,05) en las muestras de FS, que en las muestras de FD. La degradabilidad efectiva fue mayor en las muestras de FS, que en las muestras de FD, tanto para la MS (474 v/s 508, s.e.d.= 13,0), MO (490 v/s 529, s.e.d.= 11,6) y nitrógeno (351 v/s 419, s.e.d.= 10,0). Llegando a la conclusión que respecto al factor altura, sólo se encontró un efecto significativo en la degradabilidad efectiva en el nitrógeno, en favor de la altura baja (365 v/s 406, s.e.d.= 10,0).
Franco *et.al.* (2000). Costa Rica; Investigaron sobre*: Degradabilidad ruminal In situ y solubilidad de la proteína de rebrotes de Cratylia argentea de diferentes edades*.
El objetivo de este trabajo fue determinar los parámetros de degradabilidad ruminal y la solubilidad de la proteína en rebrotes de *Cratylia argentea* a los 2, 3 y 4 meses.

En el resultado se encontraron diferencias significativas ($p<0.05$) entre los rebrotes de 2 y 3 meses para DP-MS, DP-PC, DP-FDN y TD-PC. La solubilidad de la proteína varió entre 40-45% y decreció con la madurez del rebrote. Por el contrario, la PC ligada a FDN y FDA, cuyos valores variaron entre 17-20% y 9-10%, respectivamente, mostró tendencia a disminuir al aumentar la edad del rebrote.
Concluyeron que los parámetros de degradación en rebrotes de 2 meses de C. argentea difieren de los de 3-4 meses; sin embargo, la especie mantiene buena calidad en la madurez.

Yescas *et al.* (2004). Realizaron la investigación: "*Digestibilidad In situ de dietas con rastrojo de maíz o paja de avena"*- México, el objetivo del experimento fue determinar el efecto de la adición de un producto enzimático fibrolítico en la digestibilidad *In situ* de la MS, FDN, FDA y variables de la fermentación ruminal (pH, AGV) en borregos alimentados con dietas que incluyen rastrojo de maíz o paja de avena.
Los resultados fueron que no hubo diferencias ($p>0.05$) en la digestibilidad *In situ* de MS, FDN y FDA para los cuatro tratamientos a 12, 24, 48 ó 72 h de incubación. El pH a 4 h fue mayor ($p\leq0.05$) para las dietas con rastrojo que para las dietas con paja, aunque no hubo efecto ($p>0.05$) de las enzimas. La concentración molar de ácido acético fue superior ($p<0.05$) a las 12 h para los tratamientos sin enzima respecto a los tratamientos con enzima (41.73 vs 33.40 mM).
Llegando a las siguientes conclusiones: Las enzimas fibrolíticas no modificaron la concentración del ácido propiónico ($p>0.05$). El ácido butírico se redujo ($p\leq0.05$) con enzima a las 12 h (10.03 vs 6.01 mM). Las enzimas fibrolíticas modificaron la fermentación ruminal pero no mejoraron la digestibilidad de las dietas.

Guerrero *et.al.* (2010); investigaron: *"Composición química y degradabilidad de la proteína de forrajes nativos de la región semiárida del norte de México"* – México. Los objetivos de este estudio fueron determinar y comparar la composición química, el valor nutritivo y la tasa y grado en que se digiere la proteína de varios forrajes

seleccionados por pequeños rumiantes en agostadero en la región semiárida del norte de México.

Los resultados fueron: 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 potencial 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.

Llegando a la conclusión 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 potencial 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.

Amorim *et.al.* (2008). Investigaron: "*Composición bromatológica y degradabilidad "In situ" de la parte aérea de la planta de maíz, producida por hidroponía"* – Brasil. Cuyo objetivo fue estudiar la composición bromatológica y la degradabilidad "*In situ*", de la parte aérea de la planta de maíz, producida por hidroponía. Se determinaron los tenores de materia seca (MS), proteína bruta (PB), extracto etéreo, materia minerales (MM), materia orgánica (MO), fibras en detergente neutro y ácido (FDN y FDA), nitrógeno asociado a estas fibras, hemicelulosa, celulosa y lignina. Para la densidad de plantío de 1 kg/m², se evaluó también la degradabilidad "*In situ*" de MS, PB y FDN.

Dando como resultado que la densidad de plantío afectó al contenido en MM y MO, y las plantas cultivadas en heno de gramínea y en cama de pollo presentaron mayor tenor de PB. El comportamiento de la degradación fue similar entre las plantas cultivadas en los diferentes substratos, presentando elevada disponibilidad de nutrientes para los animales. Llegando a la conclusión que la parte aérea de la planta de maíz, producida por hidroponía tiene un óptimo potencial para su uso en la alimentación de rumiantes.

Juárez *et.al*. (1999). Realizaron la investigación: "*Composición química de la dieta y parámetros de degradabilidad In situ de la proteína consumida por caprinos en pastoreo"* – México. El objetivo del presente trabajo fue aplicar la técnica *In situ* para estimar los parámetros de fermentación ruminal de la proteína consumida por caprinos.

Los resultados fueron: El contenido de la dieta en PC (g/kg MS), MO (g/kg MS), dMO (%), MOD (g/kg MS), EM (Mcal/kg MS) y el Consumo MO (% PV) fue de 120, 822, 55, 452, 1.7 y 2.5 respectivamente. Los valores promedio de degradabilidad de la proteína fueron: para la proteína instantánea y completamente degradable 29.6%, la fracción b de 34.7%, la tasa constante de degradación fue de 3.7 (%/h), la DP fue de 64% y la degradabilidad efectiva de 48.7%.

La fracción instantánea y completamente degradable (a), representó más de 60% de la proteína efectivamente degradada, lo cual podría ser un indicador de que la capacidad de captación de los compuestos químicos que integran esta fracción, por parte de los microorganismos ruminales, podría haber sido superada en los primeros estadios de degradación de la proteína. Sin embargo, globalmente, la magnitud de la fracción c y de la degradabilidad efectiva de la proteína del forraje consumido por el ganado en el agostadero estudiado, proporcionaría relativamente pequeñas cantidades de proteína degradable para sostener la actividad de la población microbiana ruminal en la época de sequía.

Llegando a la conclusión de que se sugiere, en primera instancia, la necesidad de suplementar el ganado en la época de estiaje, con una fuente de proteína lentamente degradable.

Herrera *et.al.* (2007). Investigaron: *"Degradabilidad y Digestibilidad de la Materia Seca del Forraje Hidropónico de Maíz (Zea mays)"* – Venezuela. El objetivo de este estudio fue determinar la degradabilidad (DEMS) y digestibilidad aparente de la materia seca (DAMS) del forraje hidropónico de maíz (FHM) y su efecto sobre el consumo de materias seca (CMS) y ganancia diaria de peso (GDP) en ovinos tropicales.

Los resultados fueron: de acuerdo a los 3 experimentos (E1, E2 y E3); en E1 y E2 se evaluó la DEMS y DAMS, en tanto que en E3 se determinó el CMS y GDP. En el E1, se usaron bolsas de nylon en una vaca con rumen canulado consumiendo forraje ad libitum, siendo la DEMS a las 48 h de 42,2%. En el E2, se usaron cuatro machos ovinos (29,35 ± 2,37 kg. PV) durante 17 días (7 de acostumbramiento y 10 de recolección total de heces), siendo la DAMS de 55,9 ± 10,3%.

En el E3, se usaron 10 ovinos machos en crecimiento (14,06 ± 1,87 kg. PV) asignados a 2 grupos (T0 y T1) de 5 animales cada uno. T0= dieta basal ad libitum + 250 g de afrechillo de trigo y T1= dieta basal ad libitum + 250 g de FHM. La GDP fue mayor en el T0 que en T1 (41,66 ± 12,68 vs. 12,16 ± 11,92 g/d; P<0,05). Asimismo, el CMS fue mayor para el T0 que para el T1 (218,35 vs. 108,95 ± 31,41 g/anim/d; P<0,05). Concluyeron que aunque la DEMS y DAMS resultaron aceptables, la respuesta animal en términos de CMS y GDP no es favorable para el FHM.

Gutiérrez *et.al.* (2004). Investigaron: "*Uso de la cebada como alternativa forrajera para la región del Maule"* – Chile, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el comportamiento productivo y nutricional de la cebada forrajera en relación a ballica italiana, avena y triticale, en la Región del Maule. Los resultados fueron: La Cebada presentó el desarrollo más rápido de las cuatro especies, logrando su mayor producción en 157 días. En tanto avena y ballica presentaron un desarrollo más lento, demorando 188 y 195 días respectivamente, para alcanzar el estado de grano lechoso. La cebada presentó en todos sus estados, la mayor producción de PC por ha, en tanto es posible proyectarlo, como un cultivo de alta producción de energía metabolizable por ha, por correlación inversa con la FDA.

Llegaron a la conclusión que la producción y valor nutritivo de la cebada forrajera fue satisfactoria, presentándose como una buena alternativa forrajera para la Región del Maule. La precocidad y alto rendimiento nutritivo de la cebada forrajera evaluada, permiten considerar a este cereal como un cultivo suplementario interesante para la rotación con otros cultivos, incrementando la producción por unidad de tiempo y por unidad de superficie.

2.1.2. A nivel nacional

Araujo *et.al*. (1989). Realizaron la investigación: "*Evaluación técnica de métodos de labranza y siembra en el cultivo de cebada"* – Junín, cuyo objetivo fue evaluar los métodos de labranza y siembra, y evaluar sus efectos en los componentes de rendimiento.

Los resultados fueron: el tratamiento de labranza convencional, siembra mecanizada y 120 kg/ha de Densidad de Siembra; supera estadísticamente a los demás tratamientos en estudio, con excepción del tratamiento similar a 100 kg/ha, en las variables: Nº de Espigas por m2 y rendimiento de granos; mientras que a los tratamientos de labranza cero, siembra directa a 80, 100 y 120 kg/ha, le correspondieron los menores valores para estas mismas variables, confirmándose la mejor disposición de los suelos preparados convencionalmente.

Llegando a la conclusión que los mayores valores de Rentabilidad, correspondieron a los tratamientos de labranza convencional y siembra mecanizada.

2.1.3. A nivel local

Cordero *et al.* (2018). Investigaron: *"Degradabilidad y estimación del consumo de forrajes y concentrados en alpacas (Vicugna pacos)" – Huancavelica.* 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).

Los resultados fueron: 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.

Concluyeron que las estimaciones del consumo por las alpacas generadas por las ecuaciones de tres estudios no son adecuadas a los alimentos en estudio.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. La cebada como forraje

La Cebada es una planta herbácea anual muy versátil en su adaptabilidad a distintas condiciones ambientales y de manejo, perteneciente a la familia de las gramíneas Mendez. (2004). 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 INIFAP (1999).

Establecimiento de la cebada *(Hordeum vulgare L.)*

Preparación del suelo

Para lograr una buena preparación del terreno donde será instalado el cultivo, se recomienda lo siguiente: preparación del suelo, aradura y rastrado o mullido (Argote y Ruiz 2011).

La preparación del suelo se realiza para garantizar a la planta las condiciones o más para desarrollarse y así obtener los mejores rendimientos en producción forrajera. Flores M.A. (2005). Manual de Forrajes y Pastos Altoandinos. Perú.

La preparación del suelo debe hacerse de tal manera que conduzca a minimizar la erosión y la degradación de los suelos y lograr una mayor profundidad de laboreo que mejoren la capacidad de almacenamiento y conservación de la humedad del suelo y suministro de nutrientes Chacón C.P. (2012). Cultivo de pastos. Perú: Swisscontact.

Siembra

La época oportuna para la siembra de la cebada forrajera es entre los meses de octubre y noviembre, dependiendo de la presencia de lluvias que favorece la germinación de la semilla. (Ruiz, 2011). Para lograr una buena siembra es recomendable tener en cuenta lo siguiente: Semilla 95 a 98 % de poder germinativo, cantidad de semilla de 80 a 120 kg/ha, surcado de 25 a 30

centímetros, métodos de Siembra en línea o al voleo y tapado con una pasada de rastra (Argote, 2011).

Cosecha

Época y el momento propicio en la que se realiza el corte de la cebada cuando el grano este masoso y lechoso (Vásquez 2010).

Periodo de llenado apropiado de grano del cual surge la edad apropiada de corte (Lingle y Chevalier, 1985).

Tiempos de cosecha

Se refiere a la importancia óptima de la utilización de la cebada como forraje y el criterio de uso como alimento en forraje (Gaggiotti, 1996).

Cuando el pasto o forraje está iniciando la floración (5 a 10 % de floración), momento oportuno de corte o pastoreo (Chacón, 2013).

2.2.2. Degradabilidad

La degradabilidad se refiere solamente a lo que ocurre en el rumen midiendo la cantidad del material que desaparece del mismo en un tiempo dado por efecto de la degradación microbiana (Stern, *et al.* 1997).

La degradabilidad de la fibra.

La degradabilidad de la fibra es función de su degradabilidad ruminal, y en menor medida de su degradabilidad en el intestino grueso (Stern, et al. 1997). La degradabilidad media de la FND contenida en los forrajes habituales es de un 60% (alrededor del 50% se degrada en el rumen y el otro 10% en el intestino grueso); en todo caso, las pectinas de la pared celular son totalmente degradadas en el rumen (Grenet y Barry, 1987).

Degradabilidad *In situ* (Método de las bolsas de nylon)

El método de las bolsas de nylon ó de (Mehrez-Orskov) utiliza animales con una fistula ruminal por la que se introducen bolsas de nylon con el alimento. Las bolsas permanecen en el rumen 2-3 días, y los nutrientes degradados

escapan por los poros de la bolsa. Finalmente se sacan las bolsas y se calcula la degradabilidad ruminal por diferencia entre la cantidad introducida y el residuo que queda en la bolsa.

La degradabilidad de cada nutriente es función de la solubilidad de ese nutriente (fracción A), de la velocidad c de degradación de la fracción insoluble (fracción B), y del tiempo de permanencia del nutriente en el rumen (que es inversamente proporcional a la velocidad k de tránsito ruminal); la degradabilidad real ó efectiva (De) de cada nutriente se calcula como De = A + B x c/(c + k).

Tiempo de Incubación

Tiempo estimado de incubación del alimento en estudio dentro del rumen del animal, donde el tiempo de Incubación variará de acuerdo al material que se esté incubando. La sugerencia de (Orskov y McDonald 1979), que pueda servir como una guía general.

(Aquino, M. 1996), refiere a la incubación del forraje en estudio, en un animal fistulado. Estableciendo tiempos 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 sobre los "tiempos de incubación" 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 MF, *et al.* 2007).

2.3. Hipótesis

H_a : Existe efecto de los tiempos de cosecha de la cebada (*Hordeum vulgare L.)* sobre la degradabilidad de la fibra detergente neutra y acida en rumen de toretes.

H_0 : No existe efecto de los tiempos de cosecha de la cebada (*Hordeum vulgare L.)* sobre la degradabilidad de la fibra detergente neutra y acida en rumen de toretes.

2.4. Definición de términos

Celulosa: Es un polisacárido, formado exclusivamente por monómeros de glucosa, es rígida e insoluble en agua y en la mayoría de los disolventes. Componente principal de las paredes de los árboles y otras plantas. Es una fibra vegetal que al ser observado en el microscopio es similar a un cabello humano.

Degradable: Característica de una materia o sustancia inorgánica de descomponerse en sus elementos integrantes no por acción de factores biológicos sino medioambientales; tales como la lluvia, el sol, el viento, etc.

Degradabilidad

Ceconi (2004), menciona que la degradabilidad se refiere solamente a, lo que ocurre en el rumen, midiendo la cantidad del material que desaparece del mismo en un tiempo dado, por efecto de la digestión microbiana. Capacidad de descomposición química o biológica por acción del metabolismo de los microorganismos.

Degradabilidad potencial:

Es la suma de los parámetros de degradación "a" que es la fracción del alimento soluble en agua, también llamada degradación inicial, (%) y la fracción "b" que representa la fracción potencialmente degradable y expresa la fracción que fue degradada en el tiempo (t), fracción degradada por los microrganismos, también llamada degradación máxima, (%) Orskov & McDonald (1979).

Degradabilidad efectiva

La degradabilidad efectiva, corresponde a la degradación potencial (a + b) ajustada por la tasa de pasaje (k) Orskov & McDonald (1979). Donde las tasas de pasaje de

sólidos (k) en el rumen es de 2 %/h, 5 %/h y 8 %/h, correspondientes a mantenimiento y niveles productivos moderados y altos, según AFRC (1993).

Fibra en Detergente Neutro (FDN): Es el material insoluble en una solución detergente neutra, y se compone de celulosa, hemicelulosa y lignina. Además, existen otras componentes minoritarias como residuos de almidón, cenizas y nitrógeno (Calsamiglia 1997).

Fibra en Detergente Ácido (FDA): Material insoluble en una solución detergente ácida, y está constituida fundamentalmente por celulosa y lignina, aunque suelen existir otros componentes minoritarios como nitrógeno y/o minerales (Calsamiglia 1997).

Hemicelulosa: Son heteropolisacáridos (polisacárido compuesto por más de un tipo de monómero), formado, en este caso un tanto especial, por un conjunto heterogéneo de polisacáridos, a su vez formados por un solo tipo de monosacáridos unidos por enlaces β (1-4) (fundamentalmente xilosa, arabinosa, galactosa, manosa, glucosa y ácido glucurónico) , que forman una cadena lineal ramificada. Entre estos monosacáridos destacan más: la glucosa, la galactosa o la fructosa. Forma parte de las paredes de las células vegetales, recubriendo la superficie de las fibras de celulosa y permitiendo el enlace de pectina.

Lignina: sustancia natural que forma parte de la pared celular de muchas células vegetales, a las cuales da dureza y resistencia. Es una clase de polímeros orgánicos complejos que forman materiales estructurales importantes en los tejidos de soporte de plantas.

Materia seca: La humedad (agua) de una muestra se elimina por evaporación (calor) o secamiento (congelación). La cantidad de residuo de la muestra después del secado se convierte y se considera como porcentaje de MS total, o de la Materia

Seca Parcial cuando se efectúa un secado parcial con el fin de preparar la muestra para el análisis químico y evitar daños a sus componentes (Barreto 2010).

Método *"In situ"*: Un método alternativo, dentro de los que se realizan bajo' condiciones *In vivo*, es el de la bolsa de nylón o *In situ* que tiene la ventaja, que la muestra es fermentada dentro del rumen del animal.

Los valores obtenidos debieran ser cercanos a la digestibilidad aparente (DAP). Además es una técnica simple que no requiere infraestructura especial y que permite el estudio de un mayor número de muestras que la (DAP). Este método ha sido utilizado en diversos países para determinar el grado y tasa de degradación de forrajes', alimentos toscos, proteicos y sus constituyentes.

Tiene la ventaja de permitir el estudio de la evolución de la degradabilidad en función del tiempo de permanencia en el rumen, y de medir los efectos de diferentes factores ruminales sobre la tasa de digestibilidad de los distintos nutrientes.

Esta técnica ha sido estudiada por diversos investigadores, tanto para determinar su valor de estimación de la digestibilidad (Mehrez y Orskov, 1977; Lusk *et al*., 1962).

2.5. Identificación de variables

2.5.1. Variable independiente

- Tiempos de cosecha del cultivo de la cebada (130, 150 y 180 días.)
- Tiempos de incubación (0, 6,12, 24, 48 y 72 horas)

2.5.2. Variable dependiente

- Degradabilidad de Materia seca (DMS)
- Degradabilidad de Proteína Cruda (DPC).
- Degradabilidad de Fibra Detergente Neutra (DFDN).
- Degradabilidad de Fibra Detergente Acida (DFDA).

2.6. Definición operativa de las variables e indicadores

VARIABLE		INDICADOR
Independiente	• Tiempos de cosecha	130, 150 y 170 (días)
	• Tiempos de Incubación	0, 6, 12, 24, 48 y 72 (horas)
Dependiente	• Degradabilidad de Materia seca (DMS)	DMS (2, 5, 8 %/h)
	• Degradabilidad de Proteína Cruda (DPC).	DPC (2, 5, 8 %/h)
	• Degradabilidad de Fibra Detergente Neutra (DFDN).	DFDN (2, 5, 8 %/h)
	• Degradabilidad de Fibra Detergente Acida (DFDA).	DFDA (2, 5, 8 %/h)

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Ámbitos de estudio

El presente trabajo de investigación, se llevó a cabo en el Campus Universitario de la Universidad Nacional de Huancavelica a 3700 m.s.n.m. en comprensión al Distrito, Provincia, Departamento y Región de Huancavelica.

La colección de muestra de la cebada previo a la siembra y cosecha se realizó en la cancha de pastoreo de Tambocucho del Centro de Investigación y Desarrollo de Camélidos Sudamericanos – Lachocc (CIDCS – Lachocc) de comprensión al Distrito, Provincia, Departamento y Región de Huancavelica. El CIDCS - Lachocc, se encuentra, a una distancia de 32 km. de la ciudad, al lado de la carretera troncal Huancavelica - Pisco. El área de estudio cubre una superficie total de 963.27 há, cuenta con 6 canchas a una altura que va desde los 4100 a 4900 m.s.n.m.

3.2. Tipo de investigación

El trabajo es **Experimental**, ya que explica por qué ocurre un fenómeno, en qué condiciones se da éste o porqué dos o más variables están relacionadas, además el investigador maneja deliberadamente la variable experimental y luego observa lo que sucede en situaciones controladas, asigna aleatoriamente los tratamientos y el orden de ejecución de los tratamientos (Hernández, 2003).

3.3. Nivel de investigación:

Es **aplicativo**, porque tiene como objetivo crear una nueva tecnología a partir de los conocimientos adquiridos a través de la investigación estratégica para determinar si éstos pueden ser útilmente aplicados con o sin mayor refinamiento para los propósitos definidos. La información obtenida a través de este tipo de investigación debería ser también aplicable en cualquier lugar y por lo tanto ofrece oportunidades significativas para su difusión. La mayoría de investigaciones promovidas por la industria son de este tipo *(*Tam *et al.,* 2008*).*

3.4. Método de investigación:

Es **científico**, porque ofrece un conjunto de técnicas y procedimientos para la obtención de un conocimiento teórico con validez y comprobación científica mediante el uso de instrumentos fiables que no dan lugar a la subjetividad. (Ferrer, 2010).

3.5. Diseño de investigación:

El experimento fue realizado utilizando el diseño de bloques completamente al azar (3 animales), con arreglo factorial de 3 x 6 (edades de corte x tiempos de incubación), de acuerdo al siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + E_i + I_j + (E \times I)_{ij} + e_{ijk}$$

Dónde:

Yijk = Se refiere a la variable respuesta (parámetros de la degradación *In situ*);

μ = Media general;

Ei = Efecto de los tiempos de cosecha de la cebada i, variando i = 1, 2, 3;

Ij = Efecto de los tiempos de incubación ruminal j, variando j=1, 2, 3, 4, 5, 6;

(E x I)ij = Efecto de la interacción entre los factores E y I; y

eijk = Variable aleatoria normal e independientemente distribuida con una media Ø y variancia σe^2.

Se utilizó el procedimiento GLM del SAS (2009) para el análisis de los datos. Las diferencias entre medias se estimaron mediante la prueba de Tukey, con nivel de significación de P<0,05 de probabilidad. Adicionalmente, se realizó el análisis de variancia de la regresión para los parámetros de degradabilidad, en función a los tiempos de cosecha de la cebada.

3.6. Población, muestra y muestreo

3.6.1. La población

Constituida por un terreno de 60 m^2, divididos en 3 parcelas de 20 m^2 por tratamiento en los cuales fueron sembrados la cebada (*Hordeum vulgare L*), ubicado y conducido en la cancha de pastoreo de Tambocucho del Centro de Investigación y Desarrollo de Camélidos Sudamericanos – Lachocc (CIDCS – Lachocc) de comprensión al Distrito, Provincia, Departamento y Región de Huancavelica.

3.6.2. Muestra

Constituida por 1 m^2 de forraje verde por parcela y por cada tiempo de cosecha, en donde se evaluara la producción (Kg/m^2) de Forraje.

Para la producción de materia seca se utilizó aproximadamente 1 m^2 de parcela (500g de forraje), donde también se evaluara la producción en (Kg/m^2) de Forraje.

3.6.3. Muestreo

Se llevó a cabo un muestreo no probabilístico, tipo intencional, donde todos los individuos de la población pueden formar parte de la muestra.

3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

3.7.1. Técnica

- Del metro cuadrado

  Consiste en lanzar una estructura metalica de 1m2 de forma aleatoria a la parcela en estudio, en donde le número de individuos dentro de la estructura forman parte de la muestra.

- De la degradabilidad

  Para la degradabilidad e incubación ruminal se identificó las bolsas de nylon (7 x 12 cm y 50 μm de abertura de poros) con tinta a prueba de agua de acuerdo a los tratamientos en estudio, se secaron las bolsas en estufa de ventilación forzada a 65 °C por 12 hs, luego se colocaron en un desecador

por 0.5 h y se pesaron; se colocaron en cada una de las bolsas 5 g de muestra, se amarraron cada una de ellas. Seguidamente se secaron en una estufa a 65°C por 24 hs, se colocaron en el desecador por 0.5 hs y se pesaron (tara + materia seca) y, por diferencia se obtuvo la materia seca de la muestra.

En la incubación las bolsas fueron adheridas a una cuerda de algodón y suspendido por un hilo de nailon en la cánula. Una vez incubados en el rumen se procedió a retirar cada bolsa en el tiempo determinado. Las bolsas correspondiente al tiempo 0 h no fueron incubados, pero sufrieron el mismo proceso de lavado de las demás bolsas.

Después del retiro del rumen las bolsas de nylon fueron colocados en un balde que contenía agua y a continuación fueron lavados cuidadosamente hasta que fueron removidas todas las partículas adheridas a la superficie y obtenida agua de lavado clara, sin material en suspensión. Cumplida esta fase, las bolsas fueron secadas en estufa de ventilación forzada a 65 °C por 24 hs, luego permanecieron en el desecador 0.5 hs, para finalmente ser pesados (tara + residuo). Por diferencia se obtuvo el peso seco del residuo.

3.7.2. Instrumentos

- Registro de datos.
- Registro de degradabilidad.

3.8. Procedimiento de recolección de datos.

3.8.1. A nivel de campo:

En una área de cancha de pastoreo de Tambocucho del Centro de Investigación y Desarrollo de Camélidos Sudamericanos – Lachocc (CIDCS – Lachocc) de la Universidad Nacional de Huancavelica (UNH), localizada en el distrito, provincia y región del mismo nombre, el 25 de Octubre del 2016 se instaló un experimento de cebada (*Hordeum vulgare L.)* variedad San Cristobal en diseño de bloques completamente al azar con el objetivo de estimar en esta especie sus parámetros de degradabilidad *In situ* de la MS, PC, FDN y FDA, en tres edades de corte (130, 150 y 170 días). Se establecieron 3 parcelas por edad, con un

área de 20 m^2 por parcela. De cada una de estas parcelas de acuerdo a la edad establecida y utilizando la técnica del metro cuadrado se cortó todo el material experimental en tres repeticiones/parcela, del cual fueron retiradas aproximadamente 500 g. De esta cantidad (500 g) de muestra por tratamiento fueron utilizados para los ensayos de degradabilidad.

El estudio de degradabilidad *In situ* fue realizado en las instalaciones de la Escuela Académica Profesional de Zootecnia (EAPZ) de la Facultad de Ciencias de Ingeniería perteneciente a la UNH, ubicada geográficamente a 12°46'57" de latitud sur y 74°58'21" longitud oeste. La altitud sobre el nivel del mar es de 3704 msnm, la temperatura media anual de 9.0 °C y la precipitación pluvial anual promedio de 784mm.

Fueron utilizados tres bovinos machos de la raza Brown Swiss, de edades entre 3 años con pesos que variaron entre 420 y 450 kg, fistulados en el rumen, no castrados y desparasitados. Los animales permanecieron confinados durante todo el periodo experimental, en bayas hechas de postes de madera, cubiertas con plástico y con piso de concreto. Cada baya disponía de comedero y bebedero con capacidad de 100 litros de agua.

Durante el periodo pre experimental (10 días) y experimental (30 días) los animales fueron alimentados a base de cebada y heno de avena, suministrados dos veces al día (8 y 17 horas). Los animales disponían de libre acceso al agua y sal mineral.

3.8.2. A nivel de laboratorio:

3.8.2.1. Determinación de materia seca (%).

Para determinar la materia seca se siguió el protocolo para determinar humedad pues se sigue la relación siguiente: **100 – MS(%) = humedad.** El protocolo consta de los siguientes procedimientos.

- El forraje fresco se guarda en bolsa de papel el cual debidamente rotulado se somete a una temperatura de 65 °C durante 48 horas, a esta

etapa se le denomina pre deshidratación y el peso resultante de este procedimiento se denomina MSA (materia seca al ambiente).

- Seguidamente se muele el forraje seco entre 1mm a 2 mm de diámetro.
- Luego se toma una muestra del forraje molido, haciendo uso de la balanza analítica se pesa 2 g. a 2.0250 g. en un crisol y se lleva a la estufa para dejarlo por 16 horas a 105 °C.
- Se registra el peso final y se aplica la siguiente formula:

$$MS(\%) = (MSE \times MSA)/ 100$$

Dónde:

MS: Materia Seca

MSE: Materia Seca a la Estufa

MSA: Materia Seca al Ambiente

3.8.2.2. Determinación de Proteína cruda (%).

Para determinar la proteína cruda se empleó el método Kjeldahl, que consta de los siguientes procedimientos:

a) Digestión:
   - Pesamos 3g. de muestra y la colocamos en el tubo del digestor.
   - Adicionamos una pastilla de mezcla catalizadora y 6 ml. de ácido sulfúrico concentrado.
   - Se digirió hasta que el digesto tenga un aspecto de un líquido transparente.

b) Destilación:
   - Se disolvió en 25 ml de agua destilada la muestra digerida.
   - Se colocó al extremo del condensador un matraz conteniendo 25 ml de ácido bórico al 3%.
   - Se adiciono al tubo del digesto 25 ml de hidróxido de sodio.
   - Se destilo durante 4 minutos.
   - El amoniaco se recibió en el matraz del ácido bórico.

c) Titulación:

- El destilado bajo la forma de borato de amonio se tituló con ácido sulfúrico 0,1 N, previamente se adiciona 3 gotas de indicador.
- El viraje de verde a violeta indica el término de la titulación.
- Se anota el gasto de ácido sulfúrico.
- Por último, se hacen los siguientes cálculos.

%Pt. = (gasto x PMN x NAC X 6.25)/ muestra x 10

Dónde:

PMN = peso molecular del nitrógeno

NAC = normalidad del ácido sulfúrico

6.25 = factor de conversión de forrajes

3.8.2.3. Determinación de FDN (%).

La determinación de fibra detergente neutro (FDN) se hizo mediante el método ANKOM el cual se detalla a continuación:

- Se pesa 0,40 a 0,5 g de muestra molida de diámetro 1mm a 2mm en bolsas F57, luego se sellan las bolsas.
- Se colocan las bolsas conteniendo las muestras a una canastilla que es parte del equipo ANKOM. La canastilla va en un recipiente.
- Se adiciona 2 L aproximadamente de solución liquida de FDN.
- Luego se adiciona 4 ml de alfa amilasa y 20 g de sulfito de sodio, cerrar la tapa del recipiente.
- Digerir las muestras durante 75 minutos a 100 °C.
- Luego de la digestión se procede a enjuagar las muestras, en los dos primeros enjuagues se adiciona 4 ml de alfa amilasa en el último enjuague solo se usa agua destilada, los enjuagues se hacen con 2 L de agua destilada hervida durante 5 minutos a no menos de 70 °C.
- Una vez terminados los enjuagues se procede a retirar las bolsas escurriendo el agua restante, una vez húmedas se sumerge las bolsas en acetona por 10 minutos.

- Se saca las bolsas de la acetona y se lleva a secar a la estufa a 105 °C por 2 horas.
- Las muestras se retiran de la estufa y se colocan en bolsas herméticas con silica gel para que enfríe y capture la humedad presente al momento de hacer este paso.
- Se pesan las bolsas que contienen cada muestra.
- Con los datos obtenidos referente a pesos se procede a calcular en una tabla Excel del protocolo ANKOM.

3.8.2.4. Determinación de FDA (%).

La determinación de fibra detergente ácida (FDA) se hizo mediante el método ANKOM el cual se detalla a continuación:

- Se pesa 0,45 a 0,5 g de muestra molida de diámetro 1mm a 2mm en bolsas F57, luego se sellan las bolsas.
- Se colocan las bolsas conteniendo las muestras a una canastilla que es parte del equipo ANKOM. La canastilla va en un recipiente.
- Se adiciona 2 L aproximadamente de solución liquida de FDA.
- Digerir las muestras durante 60 minutos a 100 °C.
- Luego de la digestión se procede a enjuagar las muestras, son 4 enjuague en los cuales se usa agua destilada, los enjuagues se hacen con 2 L de agua destilada hervida durante 5 minutos a no menos de 70 °C.
- Una vez terminados los enjuagues se procede a retirar las bolsas escurriendo el agua restante, una vez húmedas se sumerge las bolsas en acetona por 10 minutos.
- Se saca las bolsas de la acetona y se lleva a secar a la estufa a 105 °C por 2 horas.
- Las muestras se retiran de la estufa y se colocan en bolsas herméticas con silica gel para que enfríe y capture la humedad presente al momento de hacer este paso.
- Se pesan las bolsas que contienen cada muestra.

- Con los datos obtenidos referente a pesos se procede a calcular en una tabla Excel del protocolo ANKOM.

3.8.2.5. De la Degradabilidad *In situ*:

La degradabilidad (desaparecimiento) de la MS, PC, FDN y FDA de la cebada en los tiempos de cosecha de 130, 150 y 170 días se determinaron mediante la incubación de 5 g de muestra seca al aire, en bolsas de nailon, de tamaño de 5 x 10 cm y de 50 μm de dimensión (Ayala B, et.al. 2003), identificados y sellados cada una de ellas. Las bolsas se incubaron durante 0, 6, 12, 24, 48 y 72 horas (Yescas et al. 2004.) en la parte ventral del rumen de los animales.

La cantidad de muestras utilizadas para 3 tiempos de cosecha de la cebada, 3 animales, 4 repeticiones/animal y 6 tiempos de incubación fueron = 3 x 3 x 4 x 6 = 216 muestras. Las bolsas correspondiente al tiempo 0 horas no fueron incubados, pero sí inmersos en agua por 15 minutos y secadas en estufa de ventilación forzada a 65°C por 24 horas. Se colocaron las bolsas al mismo tiempo y se retiraron según los tiempos de incubación mencionados.

Posteriormente, se lavaron varias veces hasta que el agua resultó clara (5 L/bolsa). Se secaron en estufa de ventilación forzada a 65°C por 24 horas, para finalmente ser pesados y conservados en recipientes de plástico hasta que se realizaron los análisis.

Las pérdidas de MS, PC, FDN y FDA se estimaron, antes y después del lavado, mediante diferencias de pesos de las bolsas. La desaparición de la MS, PC, FDN y FDA para cada tiempo de incubación se estimaron como desaparición de la MS, PC, FDN y FDA, % = [(MS o PC o FDN o FDA inicial – MS o PC o FDN o FDA final)/ (MS o PC o FDN o FDA inicial)] x 100.

Los parámetros de degradación de la MS, PC, FDN y FDA se obtuvieron ajustando los datos a la ecuación descrita por Orskov & McDonald (1979):

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

Donde: Deg(t) = representa la cantidad degradada o desaparecimiento del nutriente (MS, o PC, o FDN o FDA) (%) del alimento en el tiempo (t) (%); a = es la fracción del alimento soluble en agua en el tiempo cero (degradación inicial, %); b = representa la fracción potencialmente degradable y expresa la fracción que fue degradada en el tiempo (t) (fracción degradada por los microrganismos, degradación máxima, %); c = es la tasa de degradación en la cual la fracción b será degradada cada hora (%/hora); t = es el tiempo de incubación en el rumen (horas); exp = base de los logaritmos naturales; $a + b \leq 100$.

Los parámetros no lineares a, b y c fueron estimados con el aplicativo Solver de Microsoft Excel.

La degradabilidad efectiva, que corresponde a la degradación potencial (a + b) ajustada por la tasa de pasaje (k), fueron estimadas la degradabilidad efectiva de la MS (DEMS), PC (DEPC), FDN (DEFDN) y FDA (DEFDA) en el rumen mediante la ecuación de Orskov & McDonald (1979):

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

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

La DEMS, DEPC, DEFDN y DEFDA fueron estimadas para los tiempos de cosecha, teniendo en cuenta las tasas de pasaje de sólidos en el rumen de 2 %/h, 5 %/h y 8 %/h, correspondientes a mantenimiento y niveles productivos moderados y altos, según AFRC (1993).

3.9. Técnicas de procedimiento y análisis de datos

Para el análisis de los datos de las degradabilidades se utilizó el paquete estadístico SAS (V. 9.1) y Microsoft Office Excel 2013 (aplicativo Solver) para estimar las regresiones de los parámetros no lineares.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. *Resumen general del análisis de varianza de la degradabilidad ruminal.*

El efecto del animal no fue significativo para la MS y PC, lo que difiere de los resultados relatados por (Rogério da Silva et al. 1999), quienes encontraron diferencias significativas (P < 0,01) entre animales para la degradabilidad de la PC. Para la FDN y FDA hubo influencia significativa (P < 0,01) del animal.

Existió efecto de la edad de corte en la degradabilidad de la MS, FDN, FDA (P < 0,001) y PC (P < 0,01), indicando que para esas variables la cebada a diferentes tiempos de cosecha tienen comportamientos diferentes en el rumen.

Como era de esperarse el factor tiempo de incubación tuvo efecto significativo (P < 0,001) para todos los tiempos de cosecha de la cebada en las degradabilidades de la MS, PC, FDN y FDA.

Hubo efecto de la interacción de la edad de corte y del tiempo de incubación para la MS (P < 0,05); FDN y FDA (P < 0,01), y sin interacción entre los factores para la PC (P > 0,05).

Tabla 1.

Resumen general del análisis de varianza de la degradabilidad ruminal de la materia seca (MS), proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) de la cebada en diferentes tiempos de cosecha.

Fuentes de Variación	GL	Cuadrados medios			
		MS (%)	PC (% MS)	FDN (% MS)	FDA (% MS)
Animal	2	16,14604^{ns}	9,369939^{ns}	34,598141**	40,137572**
Edad de corte (E)	2	245,15494***	59,068606**	270,284985***	332,649372***
Tiempo de incubación (T)	5	3236,6981***	816,3223***	1590,4326***	1702,535458***
Interacción E x T	10	27,45491*	14,405643^{ns}	16,14286**	22,522943**
Error	34	12,19448	9,308909	5,071690	7,141645
Total	53				
C V (%)		8,83	4,45	3,91	4,73

Fuente: *Análisis realizado en el laboratorio central de la Universidad Nacional de Huancavelica.*

4.2. *Degradabilidad In situ de la materia seca (MS) de la cebada en diferentes tiempos de cosecha.*

Las estimaciones de los parámetros de la fracción soluble o degradabildad inicial "a", lentamente degradable o degradabilidad máxima "b" y tasa constante de degradación de la fracción b "c" de las ecuaciones ajustadas para las degradabilidades potenciales de la MS (DPMS) y efectivas (DEMS) de la cebada a diferentes tiempos de cosecha, constan en la tabla 2.

El análisis de variancia no reveló diferencias significativas (P > 0,05) para "a", DPMS y DEMS a las tasas de pasajes de 2 %/h, 5 %/h y 8 %/h de la MS de la cebada. Asimismo, el análisis de variancia de la regresión no reveló efecto de los tiempos de cosecha de la cebada en ningún parámetro de la degradabilidad de la MS.

Los valores de la fracción soluble "a" fueron relativamente bajos para la MS, cuya media fue de 18,00 %. Este valor es inferior a lo encontrado por Cordero *et al*. (2018), quienes observaron 19,15 %. La DPMS en los tres tiempos de cosecha de la cebada fueron similares, con una media de 86.60 %. Sin embargo, el mayor porcentaje de la degradabilidad estuvo constituida por la fracción lentamente degradable "b"; constatándose de que no hubo diferencias significativas (P > 0,05) en "b" de la MS a los tiempos de cosecha de 130 y 150 días, y que esta última edad fue superior a la de 170 días en la fracción "b".

Esta fracción "b" que es potencialmente degradable por los microrganismos del rumen y que puede estar relacionada a los altos niveles de FDN y FDA de la especie en estudio, permitieron la disminución de la degradabilidad del forraje (Razz *et al.* 2004), y consecuentemente una disminución en la velocidad o tasa de degradación "c" de la MS, cuyas medias fluctuaron entre 1,67 %/h y 2,33 %/h. Estas cifras (lenta degradación) indican que la cantidad de energía que puede ser extraída de la cebada durante el tiempo que permanece en el rumen es baja (Razz *et al.* 2004).

Las bajas tasas de degradación dieron lugar a DEMS relativamente bajas a las tasas de pasaje de 2 %/h, 5 %/h y 8 %/h. Las DEMS observadas para los tres tiempos de cosecha son inferiores a lo encontrado por Cordero *et al.* (2018), cuyas DEMS variaron entre 68,66 % y 52,20 %, con las mismas tasas de pasajes del forraje y con tasa de degradación "c" de

10,06 %/h. Hecho, que probablemente sea debido a las diferencias en el contenido de las paredes celulares, aunado a la lignificación de la pared celular, factores que se convierten en severas limitantes para el mejoramiento de la digestión ruminal de los nutrientes contenidos en los forrajes que afectan negativamente la degradabilidad de la MS (Ku Vera *et al.* 1999).

Tabla 2.
Medias de los parámetros de degradabilidad de la materia seca de la cebada en diferentes tiempos de cosecha.

Edad de corte (días)	Parámetros			DPMS (%)	DEMS (%)		
	a (%)	b (%)	c (%/h)	a + b	2 %/h	5 %/h	8 %/h
130	17,60[a]	69,11[ab]	2,00[ab]	86,71[a]	54,19[a]	39,06[a]	32,78[a]
150	17,57[a]	72,70[a]	1,67[b]	90,27[a]	51,01[a]	36,54[a]	30,88[a]
170	17,60[a]	65,23[b]	2,33[a]	82,83[a]	51,27[a]	37,35[a]	31,61[a]

Medias con la misma letra dentro de una columna no difieren significativamente entre sí.
Fuente: *Análisis realizado en el laboratorio central de la Universidad Nacional de Huancavelica.*

4.3. Degradabilidad In situ de la proteína cruda (PC) de la cebada en diferentes tiempos de cosecha.

En la Tabla 3, se encuentran los valores de los parámetros “a”, “b”, “c” de las ecuaciones ajustadas para la degradabilidad potencial de la proteína cruda (DPPC) y de las degradabilidades efectivas (DEPC) para las tasas de pasajes de 2 %/h, 5 %/h y 8%/h de la cebada en diferentes edades de corte.

Los parámetros “a”, “b”, “c”, DPPC y DEPC para las tasas de pasajes de 2 %/h, 5 %/h y 8%/h fueron influenciados ($P < 0,05$) por los tiempos de cosecha de la cebada. A los 170 días de corte se observó la mayor fracción “a” (59,64 %) en relación a los cortes realizados a los 130 y 150 días (53,56 % y 51,97 %), que no difieren entre sí ($P > 0,05$).

Mediante el análisis de variancia de regresión se verificó que la fracción “a” presentó una respuesta cuadrática (Tabla 3); siendo atribuido una disminución de 3,32 % y un aumento de 0,012 % de la fracción “a” de la PC para cada unidad de edad considerada. Los valores de “a” encontrados en este trabajo son mayores que los encontrados por (Cordero *et al.* 2018) (3,53 %).

Se puede concluir que las cifras elevadas de la fracción “a” de esta especie, está relacionado al tamaño de las partículas 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.

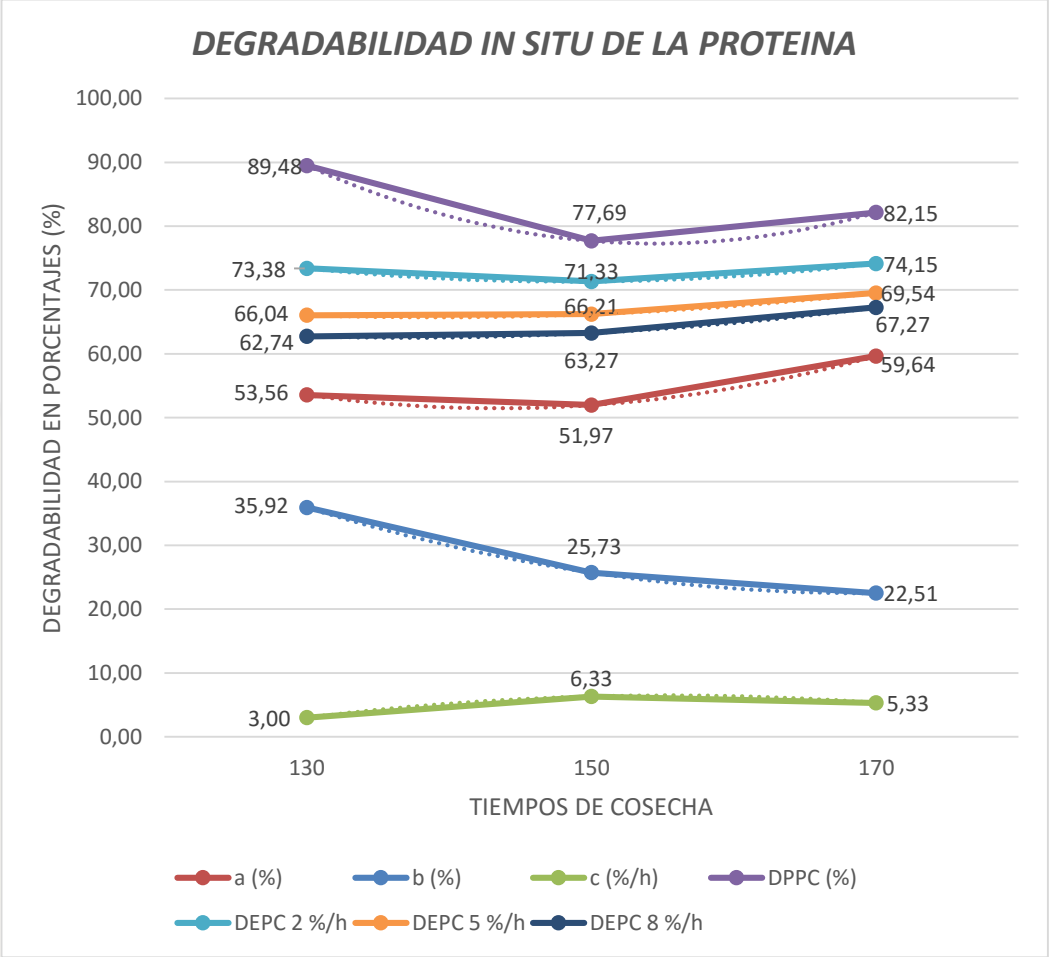
Sin embargo, existe un límite por encima del cual la fracción “a” no es fisiológicamente aceptable, ya que no debe superar 40 % de la DEPC (AFRC 1993). Considerando la DEPC a la tasa de pasaje de 5 %/h, se registraron las relaciones “a”: DEPC = 81,15 %, 78,49 % y 85,76 % para las edades de corte de 130, 150 y 170 días, respectivamente. Relaciones que fueron mayores al valor recomendado (< 40 %) para evitar la pérdida de nitrógeno por los animales.

La magnitud de la fracción de proteína lentamente degradable “b” está en función del tiempo que el alimento permanece sometido a la actividad enzimática de los microrganismos del rumen (NRC, 2007). La DPPC entre edades de corte fueron diferentes ($P < 0,05$), sin embargo, el menor porcentaje de degradabilidad estuvo constituido por la fracción “b”. A la edad de 130 días la fracción “b” de la PC fue superior ($P < 0,05$) que a los 150 y 170 días de corte, que no difirieron entre sí. Por el análisis de variancia de la regresión la fracción “b” de la PC presentó una tendencia lineal y cuadrática.

Tabla 3.
Medias y ecuaciones de regresión de los parámetros de degradabilidad de la proteína cruda de la cebada en diferentes tiempos de cosecha.

Parámetros de Degradación	Tiempos de Cosecha (días)			Ecuaciones de regresión y coeficientes de determinación (%)
	130	150	170	
a (%)	$53,56^{b}$	$51,97^{b}$	$59,64^{a}$	$PC = 289,604 – 3,325^{***}E + 0,01158^{***}E^2$ ($R^2 = 67,71$)
b (%)	$35,92^{a}$	$25,73^{b}$	$22,51^{b}$	$PC = 271,861 – 2,9465^{**}E + 0,0087^{**}E^2$ ($R^2 = 63,99$)
c (%/h)	$3,00^{b}$	$6,33^{a}$	$5,33^{a}$	$PC = - 124,2917 + 1,683^{**}E – 0,0054^{**}E^2$ ($R^2 = 25,48$)
DPPC (%)	$89,48^{a}$	$77,69^{c}$	$82,15^{b}$	$PC = 561,837 – 6,272^{***}E + 0,0202^{***}E^2$ ($R^2 =55,20$)
DEPC 2 %/h	$73,38^{a}$	$71,33^{b}$	$74,15^{a}$	$PC = 205,333 – 1,806^{***}E + 0,0061^{***}E^2$ ($R^2 =37,12$)
DEPC 5 %/h	$66,04^{b}$	$66,21^{b}$	$69,54^{a}$	$PC = 141,772 – 1,095^{*}E + 0,00394^{**}E^2$ ($R^2 = 40,09$)
DEPC 8 %/h	$62,74^{b}$	$63,27^{b}$	$67,27^{a}$	$PC = 143,773 – 1,187^{**}E + 0,0043^{**}E^2$ ($R^2 = 54,25$)

Medias con la misma letra dentro de una fila no difieren significativamente entre sí.
Fuente: *Análisis realizado en el laboratorio central de la Universidad Nacional de Huancavelica.*



La velocidad o tasa de degradación "c" de la PC, la cual representa el ritmo de degradación (h^{-1}), es un parámetro clave que describe el proceso de digestión de la PC en el rumen y la tasa de degradación de la fracción insoluble "b" (Guerrero *et al.* 2010). En general las tasas de degradación fueron muy bajas en los tres tiempos de cosecha, con diferencias significativas ($P < 0,05$) entre ellas. No obstante el análisis de regresión evidenció significación estadística ($P < 0,001$), con respuesta de tipo cuadrática ($R^2 = 27,82$ %). Los valores de "c" para la PC encontrados en el presente trabajo son menores que el valor de 7,45 %/h observados por Cordero *et al.* (2018) en la cebada. Factores como el contenido de MS de la especie, el tipo de fermentación y el contenido de carbohidratos solubles pueden contribuir para diferentes tasas de degradación ruminal (Martins *et al.* 1999).

La DEPC es una estimación del total del nitrógeno capturado y utilizado por los microrganismos del rumen para la síntesis de proteína y su crecimiento (AFRC, 1993). 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 %. A la edad de 130 y 150 días de cosecha de la cebada no se observaron diferencias significativas (P > 0,05) en las DEPC para las tasas de pasajes de 5 %/h y 8 %/h, en cambio hubo superioridad en la DEPC de la cebada cortada a los 130 días en relación a la cebada evaluada a los 150 días de crecimiento (73,38 % y 71,33 %) en la tasa de pasaje de 2 %/h. En esta tasa de pasaje existió similitud en la DEPC entre las edades de corte a los 130 y 170 días. El análisis de variancia de la regresión estableció para las DEPC en las tasas de pasajes de 2 %/h, 5 %/h y 8 %/h respuestas de tipo cuadrático (Tabla 3).

Respecto a la DPPC (a + b), la disminución experimentada a la mayor tasa de pasaje (k = 8 %/h) correspondió 29,88 %, 18,56 % y 18,88 % a las edades de 130, 150 y 170 días de cosecha, respectivamente. La cebada a la edad de 130 días de cosecha con un efecto depresor de la DPPC de 29,88 %, asociada a la mayor proporción de la fracción insoluble "b" de la PC (35,92 %) y menor tasa de degradación (3,00 %/h) necesitó mayor tiempo de permanencia en el rumen para ser bien degradada. En cambio la cebada a las edades de 150 y 170 días de cosecha con disminuciones de la DPPC de 18,56 % y 18,88 % a la tasa de pasaje de 8 %/h, fracciones de "b" de 25,73 % y 22,51% y tasas constantes de degradación de 6,33 %/h y 5,33 %/h permitió que la cebada a esas edades permanezcan un menor tiempo en el rumen.

Además se puede aseverar por los altos valores de la DEPC, que casi toda la proteína disponible en la especie evaluada fue degradada en el rumen, quedando disponible para el crecimiento microbiano, juntamente con la fracción energética de los forrajes.

4.4. Degradabilidad In situ de la fibra detergente neutro de la cebada en diferentes tiempos de cosecha.

Considerando que los carbohidratos fibrosos (CF = FDN) constituyen los principales componentes de los forrajes, en el presente estudio la velocidad de degradación "c" de la FDN (pared celular, epidermis de células empalizada) (Grenet y Barry, 1987), además de ser de lenta degradación en el rumen, se observó que a las edades de 130 y 150 días no

hubo diferencias significativas (P > 0,05) (2,80 %/h vs 2,77 %/h), difiriendo estas con la mayor velocidad de degradación (3,39 %/h) obtenida a los 170 días de cosecha.

La DPFDN a la edad de 130 días resultó en 12,40 y 4,03 puntos porcentuales por encima de los valores obtenidos a los 150 y 170 días, respectivamente, con digestiones incompletas (I) de 14,79 %, 27,19 % y 18,82 % para las tres edades de cosecha estudiadas. Lo que demuestra que la pared celular de la cebada obtenida a los 130 y 170 días de edad fue menos fibrosa en comparación a la observada a los 150 días de corte, favoreciendo las condiciones al ataque microbiano y, consecuentemente aumentando la degradabilidad potencial. El análisis de variancia de la regresión evidenció efecto cuadrático (P < 0,001) en la DPFDN en función al tiempo de cosecha (Tabla 4).

Los valores de la DEFDN, en función a los tiempos de cosecha se encuentran en la Tabla 4. Se puede observar que las DEFDN disminuyeron a los 150 días de corte en las tasas de pasajes de 2 %/h, 5 %/h y 8 %/h, como consecuencia de la mayor madurez del forraje, que confiere mayor contenido de pared celular. Sin embargo, las DEFDN se incrementaron a la edad de 170 días en relación a las edades de 130 y 150 días de corte, estableciéndose un modelo de segundo grado para cada una de las tasas de pasajes evaluadas.

Teniendo en cuenta que el grado de digestión de la FDN resulta altamente dependiente del tiempo de permanencia del alimento en el rumen o de su velocidad de pasaje (k) (degradabilidad efectiva). Las DEFDN presentan reducciones mínimas de 66,28 a 51,55 %, 58,66 a 47,73 % y 66,86 a 54,76 % para las edades de corte de 130, 150 y 170 días, respectivamente, cuando las tasas de pasajes pasan de 2 a 8 %/h.

Estos resultados indican que la degradabilidad y el valor energético de la fibra se redujeron en 14,73; 10,93 y 12,10 puntos porcentuales para animales de alto nivel de producción y consumo (vacas lecheras en lactancia temprana, terneros de engorde intensivo), donde el tránsito digestivo es más rápido (Salado *et.al.* 2005). Hecho que no ha ocurrido en el presente experimento. Pues, teniendo en cuenta la DPFDN (a + b) y k = 8 %/h la disminución en la degradabilidad fue de 39,50 %, y que asociado a la fracción potencialmente degradable “b” (45,44 %) y a la tasa de degradación “c” (2,80 %/h), era necesario un mayor tiempo para ser degradada (lenta degradabilidad) la pared celular de

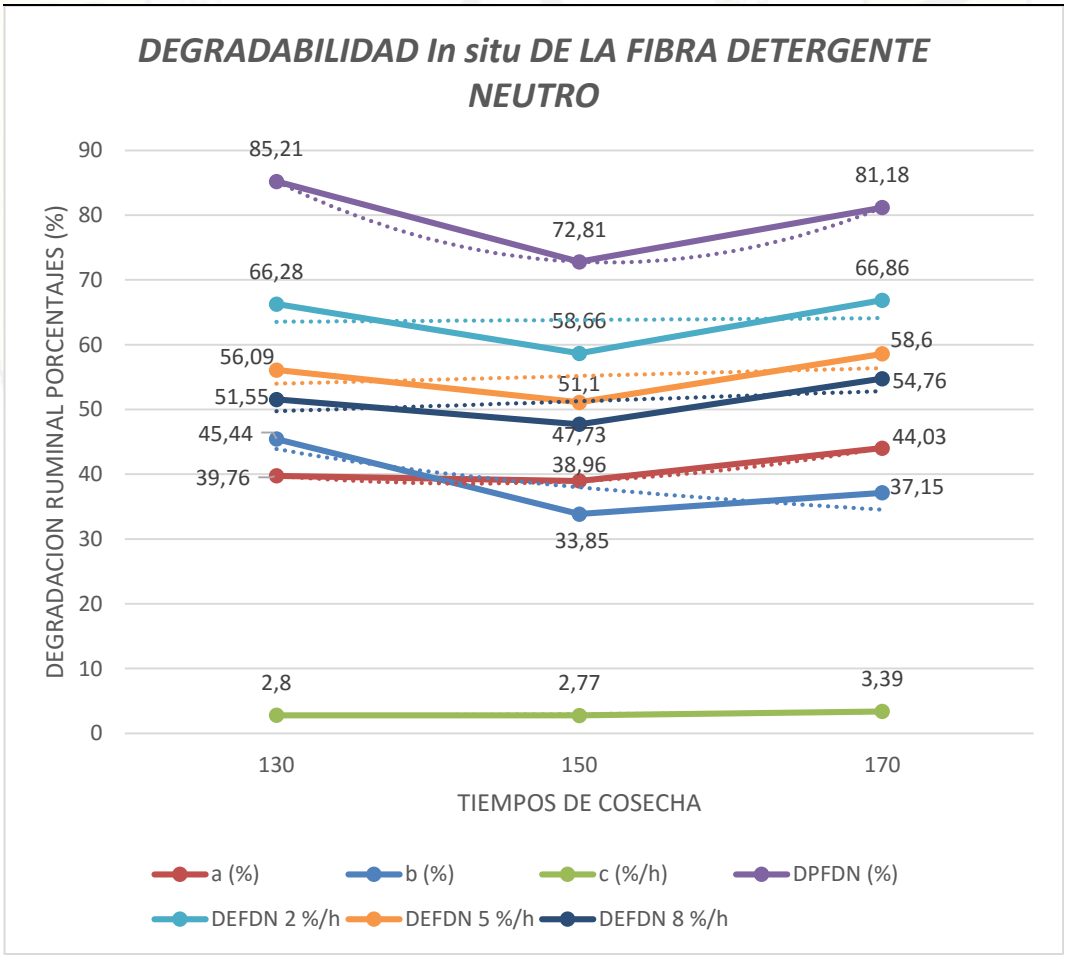
la cebada a la edad de 130 días. El efecto depresor de la tasa de pasaje (8 %/h) en la DEFDN de la cebada a los 150 y 170 días fueron 34,45 % y 32,54 %, respectivamente.

Tabla 4.

Medias y ecuaciones de regresión de los parámetros de degradabilidad de la fibra detergente neutro de la cebada en diferentes tiempos de cosecha.

Parámetros de Degradación	tiempos de cosecha (días) 130	150	170	Ecuaciones de regresión y coeficientes de determinación (%)
a (%)	39,76^{b}	38,96^{c}	44,03^{a}	FDN = 188,250 – 2,097***E + 0,0073***E^2 (R^2 = 84,16)
b (%)	45,44^{a}	33,85^{b}	37,15^{b}	FDN = 484,012 – 5,795***E + 0,019***E^2 (R^2 = 64,71)
c (%/h)	2,80^{b}	2,77^{b}	3,39^{a}	FDN = 18,573 – 0,225*E + 0,00080*E^2 (R^2 = 27,82)
DPFDN (%)	85,21^{a}	72,81^{c}	81,18^{b}	FDN = 672,053 – 7,889***E + 0,026***E^2 (R^2 = 65,18)
DEFDN 2 %/h	66,28^{a}	58,66^{b}	66,86^{a}	FDN = 501,3120 – 5,916***E +0,0198***E^2 (R^2 = 79,81)
DEFDN 5 %/h	56,09^{b}	51,10^{c}	58,60^{a}	FDN = 393,1279 – 4,623***E + 0,0156***E^2 (R^2 = 84,39)
DEFDN 8 %/h	51,55^{b}	47,73^{c}	54,76^{a}	FDN = 340,583 – 3,985***E + 0,0136*** (R^2 = 86,04)

Medias con la misma letra dentro de una fila no difieren significativamente entre sí.
Fuente: *Análisis realizado en el laboratorio central de la Universidad Nacional de Huancavelica.*



4.5. Degradabilidad In situ de la fibra detergente ácido de la cebada en diferentes tiempos de cosecha.

En el Tabla 5, se encuentran los valores de las estimaciones de los parámetros “a”, “b” y “c” de las ecuaciones ajustadas para las degradabilidades potenciales de la fracción lignocelulosa (FDA) de la cebada en los tres tiempos de cosecha.

Los valores de la degradabilidad inicial “a” fueron relativamente altos para la FDA, existiendo una disminución a medida que se incrementa el tiempo de cosecha (Tabla 5). Sin embargo, el análisis de variancia reveló una respuesta de tipo cuadrática. La DPFDA en los tres tiempos de cosecha mostraron diferencias significativas ($P < 0,05$), correspondiendo el mayor valor a la edad de 130 días de corte, seguido por la de 150 días e incrementarse a los 170 días.

La DPFDA relativamente estuvo constituida por un mayor porcentaje de la parte insoluble “b”, pero potencialmente degradable por los microrganismos del rumen. Como era de esperarse la DPFDA (80,76 %) a la edad de 170 días debía de ser menor que la DPFDA (70,33 %) observada a los 150 días de corte, pues la disminución de la degradabilidad ocurre a medida que se incrementa la edad de la planta, respuesta debida a la lignificación de la fibra (Rógerio da Silva *et al.* 1999), aunque la calidad nutricional no cambia drásticamente con la madurez de la planta (Slanac *et al.* 2006).

Hecho que podría deberse en el presente experimento a la interacción entre el tiempo de cosecha y el tiempo de incubación ruminal (Tabla 1). En la tasa constante de degradación “c” de la FDA, no se observaron diferencias significativas ($P > 0,05$) entre tiempos de cosecha, cuya media fue de 3,13 %/h.

Los valores de la DEFDA, en función a los tiempos de cosecha y tasas de pasajes se encuentran en el Tabla 5. Se puede observar que los valores disminuyeron en función del aumento de la edad de corte, a excepción de la edad de 170 días, cuyos valores se incrementaron. Por lo que el análisis de variancia de la regresión estableció un modelo lineal de segundo grado.

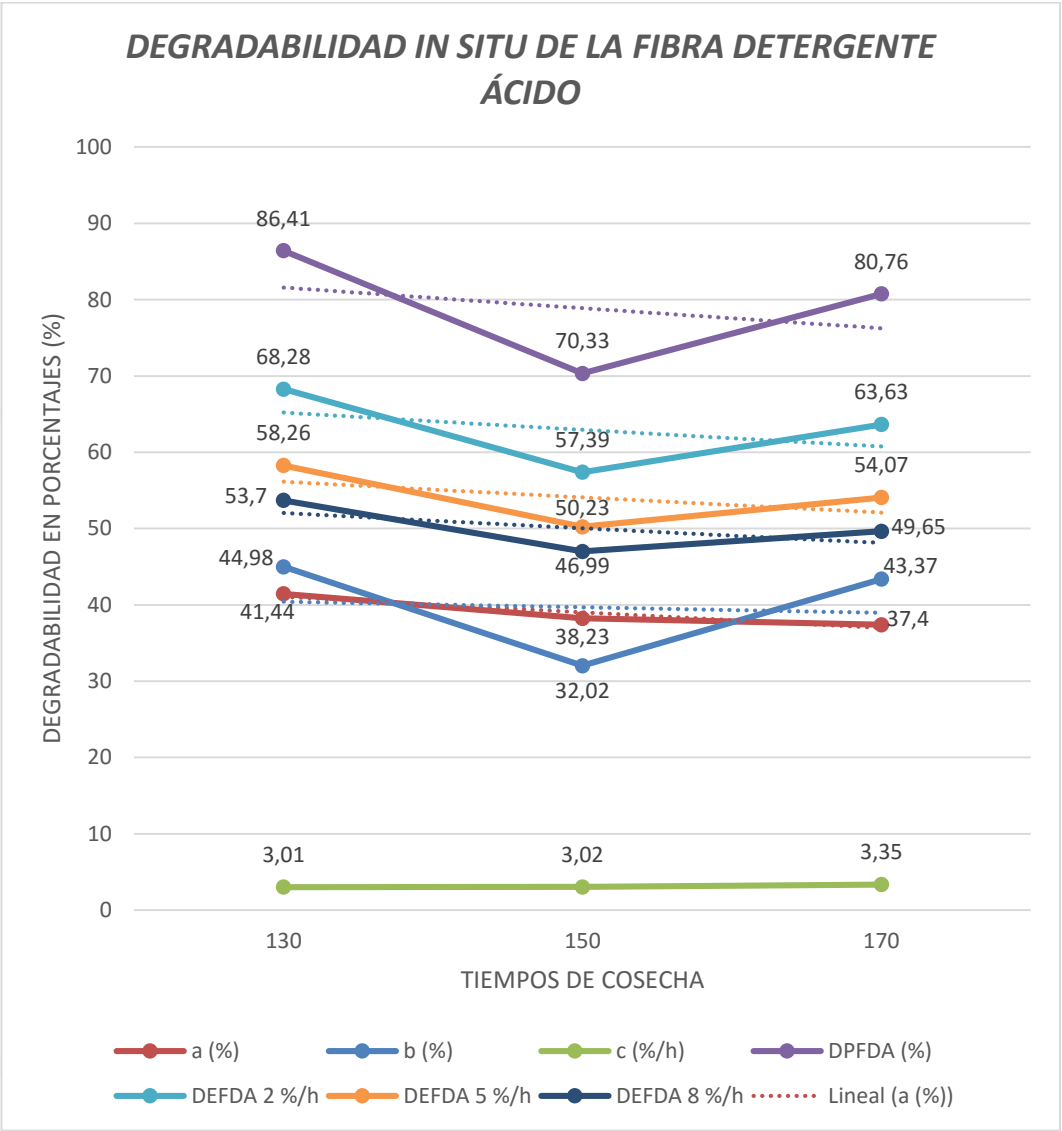
La velocidad de la degradación “c” de FDA en el rumen es lenta (3,13 %/h, en media) lo que se relaciona con las características estructurales de la fracción lignocelulosa. Esto tiene implicancias prácticas pues el grado de la digestión de la FDA resulta altamente dependiente del tiempo de permanencia del alimento en el rumen o de su velocidad de pasaje. Al igual que las DEFDN las DEFDA muestran reducciones mínimas de: 68,28 a 53,70 %; 57,39 a 46,99 % y 63,63 a 54,07 %, respectivamente, para las edades de 130, 150 y 170 días de corte, cuando las tasas de pasajes pasan de 2 a 8 %7h.

Resultados que indican que la degradabilidad y el valor energético de la fracción lignocelulosa se reducen en el orden de 14,58; 10,40 y 9,56 puntos porcentuales para animales de alto nivel de producción y consumo, donde el tránsito digestivo es rápido (Salado *et al.* 2005). Con relación a la DPFDA (a + b) la cebada a los 130 y 170 días de cosecha sufrieron la mayor influencia de la k = 8 %/h, correspondiendo el 37,85 % y 38 % de la disminución en la degradabilidad en comparación a la cebada de 150 días de cosecha (33,19 %) y, asociado a las fracciones potencialmente “b” (44,98 % y 43,37 %) y tasas de degradación “a” (3,01 y 3,35 %/h) la cebada a los 130 y 170 días de cosecha necesitaron mayor tiempo en el rumen para ser degradadas la fracción lignocelulosa.

Tabla 5.
Medias y ecuaciones de regresión de los parámetros de degradabilidad de la fibra detergente ácido de la cebada en diferentes tiempos de cosecha.

Parámetros de Degradación	tiempos de cosecha (días)			Ecuaciones de regresión y coeficientes de determinación (%)
	130	150	170	
a (%)	$41,44^{a}$	$38,23^{b}$	$37,40^{c}$	$FDA = 120,5829 – 0,9972^{**}E + 0,0030^{**}E^2$ ($R^2 = 60,20$)
b (%)	$44,98^{a}$	$32,02^{b}$	$43,37^{a}$	$FDA = 721,5887 – 9,154^{***}E + 0,0303^{***}E^2$ ($R^2 = 67,40$)
c (%/h)	$3,01^{a}$	$3,02^{a}$	$3,35^{a}$	$FDA = 11,1167 – 0,1165^{ns}E + 0,00042^{ns}E^2$ ($R^2 = 5,00$)
DPFDA (%)	$86,41^{a}$	$70,33^{c}$	$80,76^{b}$	$FDA = 837,0117 – 10,081^{***}E + 0,033^{***}E^2$ ($R^2 = 65,84$)
DEFDA 2 %/h	$68,28^{a}$	$57,39^{c}$	$63,63^{b}$	$FDA = 556,8742 – 6,543^{***}E + 0,0214^{***}E^2$ ($R^2 = 81,52$)
DEFDA 5 %/h	$58,26^{a}$	$50,23^{c}$	$54,07^{b}$	$FDA = 399,4146 – 4,551^{***}E + 0,0148^{***}E^2$ ($R^2 = 80,039$
DEFDA 8 %/h	$53,70^{a}$	$46,99^{c}$	$49,65^{b}$	$FDA = 325,6275 – 3,6138^{***}E + 0,0117^{***}$ ($R^2 =78,79$)

Medias con la misma letra dentro de una fila no difieren significativamente entre sí.
Fuente: *Análisis realizado en el laboratorio central de la Universidad Nacional de Huancavelica.*


DEGRADABILIDAD IN SITU DE LA FIBRA DETERGENTE ÁCIDO
DEGRADABILIDAD EN PORCENTAJES (%)
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
86,41
70,33
80,76
68,28
57,39
63,63
58,26
50,23
54,07
53,7
46,99
49,65
44,98
38,23
43,37
41,44
32,02
37,4
3,01
3,02
3,35
130
150
170
TIEMPOS DE COSECHA
a (%)
b (%)
c (%/h)
DPFDA (%)
DEFDA 2 %/h
DEFDA 5 %/h
DEFDA 8 %/h
Lineal (a (%))

CONCLUSIONES

1. En los tres tiempos de cosecha de la cebada las degradabilidades (desaparición) de la materia seca, proteína cruda, fibra detergente neutro y fibra detergente ácido aumentaron en función al tiempo de incubación ruminal. La disminución de la desaparición de la materia seca ocurrió al primer y segundo tiempo de cebada.

2. El potencial de degradación ruminal de la materia seca (MS) no varió frente a los tiempos de cosecha. Las degradabilidades efectivas de la materia seca (DEMS) no variaron con el tiempo de cosecha en las tasas de pasajes establecidas.

3. La tasa de degradación de la proteína fue menor al primer tiempo de cosecha en relación a lo estimado para el segundo y tercer tiempo. Por las altas degradabilidades efectivas de la proteína cruda (DEPC) en los tres tiempos de cosecha permite clasificar a la cebada como una especie de alta calidad nutricional.

4. La fracción rápidamente degradable “a” y lentamente degradable “b” de la FDN presentaron valores semejantes en los tres tiempos de cosecha, propiciando degradabilidades potenciales altas.

5. Por la degradabilidad efectiva de la fibra detergente neutro y ácido a las tasas de pasajes de 2 % y 5 %/hora de la cebada en el primer tiempo de cosecha, permite clasificarlo como un forraje de un buen potencial nutritivo para rumiantes.

RECOMENDACIONES

1. Cumplir con los tiempos de incubación establecidos, para tener datos exactos de disminución de la desaparición de la materia seca.
2. Tener en cuenta la fracción (a) y la fracción (b) de la degradabilidad para poder conocer la fracción de la Indegradabilidad.
3. Considerar que las tasas de pasaje de 2 % y 5 %/hora, refiere al mantenimiento y la producción media respectivamente.
4. Realizar estudios sobre la dinámica de la degradación de nutrientes en la cebada, considerando un mayor número de intervalos de corte que las utilizadas en el presente estudio, a fin de obtener un modelo degradativo adecuado.
5. Considerar en estudios, además de los parámetros de degradabilidad, la composición química y las estimaciones de las fracciones energéticas (nutrientes digestibles totales, energía digestible, metabolizable y líquida) e índice forrajero de la cebada.
6. Considerar también el aumento de rangos de tiempo de incubación para un estudio más profundo de la cebada, ya que en algunos trabajos muestran hasta ocho tiempos de incubación.
7. Utilizar las bolsas de nylon de medidas y de tamaño adecuado, ya que juegan un papel importante en la desaparición de la MS, PC, FDN y FDA para cada tiempo de incubación.

REFERENCIA BIBLIOGRAFIA

AFRC. (1993). *"Energy and protein requirements of ruminants".* CAB International. Wallingford, U.K. 159P.

Amorim et.al. (2008). "*Composición bromatológica y degradabilidad "In situ" de la parte aérea de la planta de maíz, producida por hidroponía".* Universidad Estatal Paulista campus de Jaboticabal, Brasil.

ALLEN, M.S. (1991) "*Vet. Clin"*. North Am. 7, 327.

Araiza-Rosales *et.al.* (2013). *"Degradabilidad ruminal In situ y digestibilidad in vitro de diferentes formulaciones de ensilados de maíz-manzana adicionados con melaza". Revista de investigación y difusión científica agropecuaria, 17(2),* 79-96. México.

Araujo, Vivanco (1989) "*Evaluación técnica de métodos de labranza y siembra en el cultivo de cebada", UNALM XXIX (1 - 4),* 67-76. Perú.

Argote, G y Ruiz A. (2011). "*Manejo y Conservación de Avena Forrajera*". Puno, Perú: UNALM -AGROBANCO.

Association of Oficial Analytical Chemists (AOAC), *1990*. *Official methods of analysis*. AOAC. 15th ed. Edited by Kenneth Helrich. Arlington, Virginia. p.p.1117.

Ayala B, *et.al*. (2003). "*Evaluación del método de lavado de bolsas (manual vs lavadora) en la técnica de degradación In situ". Técnica Pecuaria 41(3),* 337 - 342. México.

Barreto, E, L. (2010). *"Nutrición y Alimentación Animal".* Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD, Bogotá.

Bassi T., (2004). *"Conceptos Básicos Sobre La Calidad de los Forrajes".* Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional de Lomas de Zamora. Buenos Aires, Argentina.

Bautista, J.L. (2004). *"Desarrollo de Cánulas en Animales Fistuladas en el Sistema Digestivo". (Trabajo de pre grado).* FMVZ. Universidad Nacional del Altiplano – Puno, Perú.

Blas, C. *et.al.* (1987). "*Nutrición y alimentación del ganado"*. Mundi-Prensa. Madrid, España.

Bernal M. J. L. (2005), *"Manual de Manejo de Pastos Cultivados para Zonas Alto Andinas".* Dirección General de Promoción Agraria DGPA. Ministerio de Agricultura. Perú.

boschini, C. (2001). *"Degradabilidad In situ de la materia seca, proteína y fibra del forraje de morera", Agronomía Mesoamericana 12(1)* 79 - 87. Costa Rica.

Calsamiglia, S. (1997). *"Nuevas Bases para Utilización de la Fibra en Dietas de Rumiantes". XIII Concurso de Especialización FEDNA*. Universidad Autónoma de Barcelona, Madrid. España.

Carrasco Díaz S. (2006). *"Metodología de la investigación científica".* Recuperado de http://www.freelibros.com

Chalupa, W.; Galligan, D.T.; Ferguson, J.D. 1996. *"Animal nutrition in the XXI century. Animal Feed Sc. and Tech"*. 58:1-18.

Cordero, F.A., Contreras, P.J.L., Curasma, C.J. et al. (2018). *Rev Inv Vet Perú.* "*Degradabilidad In situ y estimación del consumo de forrajes y concentrados en alpacas (Vicugna pacos)"*, *29(2). 429-437*. Perú.

Donker, J. 1989. *"Improved energy prediction equations for dairy cattle rations"*. J. of Dairy Sci. 67(2):427-436.

Espitia *et.al.* (2012), *"Momento óptimo de corte para la obtención de mayor cantidad y calidad de forraje"*, *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol.3 (41),* 771-783. México.

Febles G. *et.al.* (2009). "*Tesis Comportamiento Interactivo de la Germinación, la Dormancia, la Emergencia y el Crecimiento Inicial como Atributos Biológicos para Evaluar el Vigor de las Semillas de Albizia lebbeck (L.) Benth".* (Tesis Doctoral). Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey" la Habana. Cuba.

García, *et.al.* (2008). *"El mercado de la cebada en el mundo".* Ing. Técnico agrícola. Información técnica.

Granet, E. y Barry, P. (1987). *"Etude microscopique de la digestión des parois végétales des téguments de soja et de colza dans le rumen"*. Reproduction, nutrition and development. 27 (1B):246-248.

Guerrero *et al.* (2010). *"Composición química y degradabilidad de la proteína de forrajes nativos de la región semiárida del norte de México".* Instituto de Ciencia Animal. 40(1), 52 – 60. México.

Gutiérrez F. *et.al.* (2004). *"Uso de la cebada como alternativa forrajera para la región del Maule"*. En I. Lopez (Presidencia). XXX Reunión Anual de la Sociedad Chilena de Producción Animal. Organiza: Universidad de la Frontera. Chile.

Harris, B. 1993. "*Value of high-fiber alternative feedstuffs as extenders of roughage sources"* In: http://www.inform.umd.edu/EdRes/Topic/AgrEnv/ndd/feeding/VALUE OF HIGH-FIBER ALTERNATIVE FEEDSTUFFS.html

Hernández Sampieri R, Fernández Collado C, Baptista Lucio P. (2010). *"Metodología de la Investigación*". 5a ed.

Herrera *et.al.* (2007). *"Degradabilidad y Digestibilidad de la Materia Seca del Forraje Hidropónico de Maíz (Zea mays)". FCV-LUZ, Vol. XVII, Nº 4*, 372 – 379. Venezuela.

INIFAP (2007), "*Variedad de forrajes anuales para temporal en el altiplano y zona media de san luis de potosí".* Campo experimental San Luis de Potosí, folleto para productores Nº 44, 19p. Mexico.

Jahn B. E, *et.al.* (1999). *"Degradación ruminal In situ del grano de maíz (zea mays), cebada (Hordeum vulgare) y lupino dulce (Lupinus albus) con el uso de diferentes métodos de procesamiento", Agricultura Técnica 59(2),* 96 – 106. Chile.

Juárez RAS *et.al*. (2003). "*Degradabilidad In situ de la Fibra Detergente Neutro y Consumo de Energía Metabolizable por Ovinos en Pastoreo",* Durango, México.

Juárez-Reyes *et.al.* (1999). *"Composición química de la dieta y parámetros de degradabilidad In situ de la proteína consumida por caprinos en pastoreo".* México.

Kempton T J. (1980). *"El uso de las bolsas de nailón para caracterizar el potencial de degradabilidad de alimentos". Producción Animal Tropical. 5*, 115 –126.

Ku Vera, J.C., Ramirez, L., Jimenez, G. et al. 1999. Árboles y arbustos para la producción animal en el trópico mexicano. En: IV seminario internacional sobre sistemas agropecuarios sostenibles. Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (Fundación CIPAV). Cali. Colombia. En (línea). http//:www.cipav.org.co/redagofor/memorias99.

Marco H. Franco *et.al.* (2000). *"Degradabilidad ruminal In situ y solubilidad de la proteína de rebrotes de Cratylia argentea de diferentes edades", Agroforesteria en las Americas. 5*, 17 – 18. Costa Rica.

Martins, A.S., Zeoula, L.M., Prado, I.N., Martins, E.N., Loyola, V.R. (1999). *"Degradabilidade ruminal In situ da matéria seca e proteína bruta das silagens de milho e sorgo e de alguns alimentos concentrados"*. Rev Bras Zootec 28: 1109-1117. Brasil.

Mayhua P., Quispe E., Contreras J., Ramos Y., y Guillen H., (2008). "*Instalación y conservación de pastos cultivados en altura"*, Huancavelica – Perú.

Mehrez, A. Z. y 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. Camb. 88: 645-650.

Mendez, V. M. V. (2004). *"Comportamiento de las cebadas forrajeras imberbes (Hordeum vulgare) a través de cuatro ambientes"*. Tesis de licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, Mexico.

Merlo MF, Ayala BA, Rosado RCM. (2007). *"Técnica degradación ruminal In situ". Material de apoyo didáctico. Departamento de Nutrición Animal*, UNA. Puno - Perú.

Nocek, J. E. y Russell, J. B. (1988). "*Protein and energy as an integrated system. Relantionship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production".* J. Dairy Sci. 71:2070-2107.

NRC. (2007). "*Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids and new world camelids".* National Academic of Press. Washington, D.C. p.36.

O. La O1, H. González, A. Orozco, (2012). *"Evaluación de la composición química, degradabilidad efectiva ruminal (DE) In situ de la materia seca (MS) y digestibilidad aparente y verdadera in vitro de la MS, MO, FND y FAD. En ecotipos de Tithonia diversifolia"*, Mexico.

Orskov, E.R; Mcdonald, I.M. (1979). *"Estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurement weighted according to rate of passage",* Journal of Agricultura Science, Cambridge, v.96, p.499-503.

Razz, R., Tyrone R., Clavero, Y Juan Vergara. (2004). *"Cinética de degradación In situ de la Leucaenaleucocephala Y Panicum máximum".* Centro de Transferencia de Tecnología en Pastos y Forrajes. Facultad de Agronomía. La Universidad del Zulia, INIA - Estación Local el Guayabo, Estado Zulia – Venezuela. 5-9.

Razz, R., Clavero, T., Urdaneta, J. et al. (1999). *"Fracciones nitrogenadas de dos ecotipos de Leucaena leucocephala bajo diferentes niveles de fertilización".* Pastos y Forrajes. 22: 65-70.

Rene Anrique, (2000). *"Efecto del ensilado sobre la composición química y degradabilidad ruminal de la pomasa de manzana".* (Tesis de maestría). Universidad Austral de Chile. Chile.

Revista CNR Pacific Line (2006). *"Digestión de la proteína por la acción de enzimas* proteolíticas".

Rogério da Silva, Maldonado, V.H., Coelho da Silva, J.F. (1999). *"Degradabilidad In situ da materia seca, proteína bruta e fibra detergente neutro do capim-furachão (Panicum*

repens, L.) submetido à adubação e em diferentes idades de corte". Rev. Bras. Zoot. 28 (4): 799-807. Brasil.

Rossi A. C, *et.al.* (2003). *"Degradabilidad In situ de forrajeras del pastizal natural en un sistema silvopastoril con salicáceas"*. (Trabajo de pregrado). Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Argentina.

Rubén Pulido y John David Leaver, (2000), *"Degradabilidad ruminal del forraje disponible en la pradera y del aparentemente consumido por vacas lecheras", Pesquera Agropecuaria 35(5),* 1003 – 1009. Brasil.

Salado, E.E., Comeron, E.A., Silva, C. et al. (2005). *"Cascarilla de soja y afrechillo de trigo: cinética de la degradabilidad ruminal de la fibra"*. XIX Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal. Tampico, 1- 4p. México.

Salinas J. G. y García R. (1985). "*Métodos Químicos para el Análisis de Suelos Ácidos y Planta Forrajeras*". *Centro internacional de agricultura tropical. Programa de pastos tropicales.* 83p. Colombia.

Salinas Jaime, *et.al*. (2004). *"Digestibilidad In situ de la materia seca de tres dietas para ovinos de engorda"*, *Agronomía Mesoamericana 22(2),* 379 - 385. México.

San miguel A, A. (2006). "*Fundamentos de Alimentación y Nutrición del Ganado"*. E.T.S. Ingenieros de Montes. Universidad Politécnica de Madrid. España.

SAS. (2009). "*Statistical Analysis System"*. user's Guide: Statistics. Release 9.2. SAS Institute Inc. Cary, North Carolina, USA.

Slanac, A.L., Balbuena, O., Rochinotti, D. et al. (2006). *"Degradación ruminal de la materia seca de dos especies del pastizal natural del nordeste argentino (Informe preliminar)"*. Universidad Nacional del Nordeste. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Resumen: V-044. Argentina.

Tam J, Vera G, Oliveros R. (2008). "*Tipos, métodos y estrategias de investigación*". Pensamiento y Acción. 5: 145-154. Perú.

Valencia L, (2010). *"Comparación de la digestibilidad in vivo de dos especies de forrajes de bajo valor nutritivo: el King Grass (Pennisetum hybridum) y el Resucitado (Malvaviscus arboreus Cav.)"*, Argentina.

Van Soest, P.J., Fox, D.G. and Sniffen, C.J. (1982). "*A net protein system for cattle.* Department of Animal Science". Cornell University, Itaca, N.Y. USA.

Vásquez R, J. A. (2010). "*Manual Técnico Pecuario. Programa de plantas y animales".* Instituto de Ciencias y Tecnología Agrícola. Quetzaltenango. Guatemala.

Villanueva, J. y San Martín, F. (1997). *"Alimentación de Vaquillas en Crecimiento a Base de Residuos de Cosecha Tratada con Urea y Suplementadas con Proteína Sobrepasante, en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos"*, FMV, IVITA. Perú.

Weiss, W.P. 1993a. Evaluating nutritional quality of alternative feeds using chemical analysis. Feeding and Nutrition. In: http://www.inform.umd.edu/EdRes/Topic/AgrEnv/ndd/feeding/NUTRITIONAL QUALIY OF ALT FEEDS.html

Weiss, W.P. 1993b. Fiber requirements of dairy cattle: Emphasis NDF-Department of Dairy Science. Ohio, USA. pp. 63-76.

Yescas et al. (2004). *"Digestibilidad In situ de dietas con rastrojo de maíz o paja de avena". Agrociencia 38(1),* 23-31. México.

ANEXO I. MATRIZ DE CONSISTENCIA

"Efecto de los tiempos de cosecha de la cebada (*Hordeum vulgare L.*) sobre la degradabilidad de la fibra detergente neutra y acida en rumen de toretes".

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Metodología
• ¿Cuál es el efecto de los tiempos de cosecha de la cebada *(Hordeum vulgare L.)* sobre la degradabilidad de la fibra detergente neutra y acida en rumen de toretes?	General: • Evaluar el efecto de la degradabilidad de la fibra detergente neutra y acida en diferentes tiempos de cosecha de la cebada (*Hordeum vulgare L.)* en rumen de toretes. Especifico: • Determinar la degradabilidad In situ de la materia seca (MS), en términos de las degradabilidades potencial (DPMS) y efectiva (DEMS) de la cebada *(Hordeum vulgare L.)* en diferentes tiempos de cosecha de 130, 150 y 170 días. • Determinar la degradabilidad In situ de la proteína cruda (PC), en términos de las degradabilidades potencial (DPPC) y efectiva (DEPC) de la *cebada (Hordeum vulgare L.)* en diferentes tiempos de cosecha de 130, 150 y 170 días. • Determinar la degradabilidad In situ de la fibra detergente neutro (FDN), en términos de las degradabilidades potencial (DPFDN) y efectiva (DEFDN) de la cebada *(Hordeum vulgare L.)* en diferentes tiempos de cosecha de 130, 150 y 170 días. • Determinar la degradabilidad In situ de la fibra detergente ácido (FDA), en términos de las degradabilidades potencial (DPFDA) y efectiva (DEFDA) de la cebada *(Hordeum vulgare L.)* en diferentes tiempos de cosecha de 130, 150 y 170 días.	H_a^1 : Existe efecto de los tiempos de cosecha de la cebada *(Hordeum vulgare L.)* sobre la degradabilidad de la fibra detergente neutra y acida en rumen de toretes. H_0^1: No existe efecto de los tiempos de cosecha de la cebada *(Hordeum vulgare L.)* sobre la degradabilidad de la fibra detergente neutra y acida en rumen de toretes.	**Independiente:** • Tiempos de cosecha. • Tiempos de Incubación. **Dependiente:** • Degradabilidad de Materia seca (DMS) • Degradabilidad de Proteína Cruda (DPC). • Degradabilidad de Fibra Detergente Neutra (DFDN). • Degradabilidad de Fibra Detergente Acida (DFDA).	• **Ámbito de estudio** Univ. Nac. de Huancavelica. • **Tipo de investigación** Aplicada • **Nivel de investigación** Experimental • **Método de investigación** Deductivo • **Diseño de investigación** Diseño de bloques completamente al azar (3 animales), con arreglo factorial de 3 x 6. $Y_{ijk} = \mu + E_i + I_j + (E \times I)_{ij} + e_{ijk}$. • **Análisis Estadístico** Análisis de varianza (ANAVA) al 0,05; 0,01 y 0.001 de grado de confianza, y la comparación de medias (prueba de tukey). • **Técnica de recolección de datos** Del metro cuadrado De la degradabilidad • **Técnicas de procedimiento y análisis de datos** Para el análisis de los datos de degradabilidad se utilizó el paquete estadístico S.A.S. (V. 9.1) y Microsoft Office Excel 2013 (aplicativo Solver).

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO II

ANÁLISIS DE VARIANZA

Tabla 2. Análisis de variancia de la degradabilidad de la materia seca de la cebada sometida a diferentes tiempos de cosecha.

Fuentes de variación	GL	SC	CM	F	P > F
Animal	2	32.29208	16.14604	1.32	0.2794
Edad de corte (E)	2	490.30988	245.15494	20.10	<.0001
Tiempo (T)	5	16183.490	3236.69813	265.42	<.0001
Interacción E x T	10	274.54908	27.45491	2.25	0.0382
Error	34	414.61226			
Total	53	17395.25393			
C V (%)		8.83			

Tabla 3. Análisis de variancia de la degradabilidad de la proteína cruda de la cebada sometida a diferentes tiempos de cosecha.

Fuentes de Variación	GL	SC	CM	F	P > F
Animal	2	18.739878	9.369939	1.01	0.3761
Edad de corte (E)	2	118.137211	59.068606	6.35	0.0046
Tiempo (T)	5	4081.611706	816.3223	87.69	<.0001
Interacción E x T	10	144.056433	14.405643	1.55	0.1655
Error	34	316.502922	9.308909		
Total	53	4679.048150			
C V (%)		4.45			

Tabla 4. Análisis de variancia de la degradabilidad de la fibra detergente neutro de la cebada sometido a diferentes tiempos de cosecha.

Fuentes de Variación	GL	SC	CM	F	P > F
Animal	2	69.196281	34.598141	6.82	0.0032
Edad de corte (E)	2	540.569970	270.284985	53.29	<.0001
Tiempo (T)	5	7952.163081	1590.4326	313.59	<.0001
Interacción E x T	10	161.428607	16.14286	3.18	0.0056
Error	34	172.437452	5.071690		
Total	53	8895.795393			
C V (%)		3.91			

Tabla 5. Análisis de variancia de la degradabilidad de la fibra detergente ácido de la cebada sometido a diferentes tiempos de cosecha.

Fuentes de Variación	GL	SC	CM	F	P > F
Animal	2	80.275144	40.137572	5.62	0.0078
Edad de corte (E)	2	665.298744	332.649372	46.58	<.0001
Tiempo (T)	5	8512.677289	1702.535458	238.40	<.0001
Interacción E x T	10	225.229433	22.522943	3.15	<.0001
Error	34	242.815922	7.141645		
Total	53	9726.296533			
C V (%)		4.73			

Tabla 6. Análisis de varianza de la regresión para la fracción soluble (degradabilidad inicial) (a) de la proteína cruda de la cebada en función a las diferentes edades de corte.

FV	GL	SC	CM	F	P > F
Regresión	2	589.9404000	294.9702000	53.47	<.0001
Residuos	51	281.3616000	5.5168941		
Total	53	871.3020000			

Tabla 7. Análisis de varianza de la regresión para la fracción potencialmente degradable (degradabilidad máxima) (b) de la proteína cruda de la cebada en función a las diferentes edades de corte.

FV	GL	SC	CM	F	P > F
Regresión	2	1763.916933	881.958467	45.32	<.0001
Residuos	51	992.583200	19.462416		
Total	53	2756.500133			

Tabla 8. Análisis de varianza de la regresión para la tasa de degradación de la fracción b (c) de la proteína cruda de la cebada en función a las diferentes edades de corte.

FV	GL	SC	CM	F	P > F
Regresión	2	1763.916933	881.958467	45.32	<.0001
Residuos	51	992.583200	19.462416		
Total	53	2756.500133			

Tabla 9. Análisis de varianza de la regresión para degradabilidad potencial máxima de la proteína cruda (DPPC) de la cebada en función a las diferentes edades de corte.

FV	GL	SC	CM	F	P > F
Regresión	2	1274.448133	637.224067	31.43	<.0001
Residuos	51	1034.026800	20.275035		
Total	53	2308.474933			

Tabla 10. Análisis de varianza de la regresión para la degradabilidad ruminal efectiva de la proteína cruda de la cebada con tasa de pasaje de 2 %/hora (DEPC 2 %/h), en función a las diferentes edades de corte.

FV	GL	SC	CM	F	P > F
Regresión	2	76.3433333	38.1716667	15.06	<.0001
Residuos	51	129.3080000	2.5354510		
Total	53	205.6513333			

Tabla 11. Análisis de varianza de la regresión para la degradabilidad ruminal efectiva de la proteína cruda de la cebada con tasa de pasaje de 5 %/hora (DEPC 5 %/h), en función a las diferentes edades de corte.

FV	GL	SC	CM	F	P > F
Regresión	2	140.0805333	70.0402667	17.06	<.0001
Residuos	51	209.3468000	4.1048392		
Total	53	349.4273333			

Tabla 12. Análisis de varianza de la regresión para la degradabilidad ruminal efectiva de la proteína cruda de la cebada con tasa de pasaje de 8 %/hora (DEPC 8 %/h), en función a las diferentes edades de corte.

FV	GL	SC	CM	F	P > F
Regresión	2	221.0133333	110.5066667	30.25	<.0001
Residuos	51	186.3260000	3.6534510		
Total	53	407.3393333			

Tabla 13. Análisis de varianza de la regresión para la tasa de degradación de la fracción b (c) de la fibra detergente neutro de la cebada en función a las diferentes edades de corte.

FV	GL	SC	CM	F	P > F
Regresión	2	4.32640000	2.16320000	9.83	<.0002
Residuos	51	11.22500000	0.22009804		
Total	53	15.55140000			

Tabla 14. Análisis de varianza de la regresión para la fracción soluble (degradabilidad inicial) (a) de la fibra detergente neutro de la cebada en función a las diferentes edades de corte.

FV	GL	SC	CM	F	P > F
Regresión	2	267.1897333	133.5948667	135.49	<.0001
Residuos	51	50.2884000	0.9860471		
Total	53	317.4781333			

Tabla 15. Análisis de varianza de la regresión para la fracción potencialmente degradable (degradabilidad máxima) (b) de la fibra detergente neutro de la cebada en función a las diferentes edades de corte.

FV	GL	SC	CM	F	P > F
Regresión	2	1285.044400	642.522200	46.75	<.0001
Residuos	51	700.864400	13.742439		
Total	53	1985.908800			

Tabla 16. Análisis de varianza de la regresión para degradabilidad potencial máxima de la fibra detergente neutro (DPFDN) de la cebada en función a las diferentes edades de corte.

FV	GL	SC	CM	F	P > F
Regresión	2	1439.863600	719.931800	47.73	<.0001
Residuos	51	769.328000	15.084863		
Total	53	2209.191600			

Tabla 17. Análisis de varianza de la regresión para la degradabilidad ruminal efectiva de la fibra detergente neutro de la cebada con tasa de pasaje de 2 %/hora (DEFDN 2 %/h), en función a las diferentes edades de corte.

FV	GL	SC	CM	F	P > F
Regresión	2	753.5633333	376.7816667	100.81	<.0001
Residuos	51	190.6196000	3.7376392		
Total	53	944.1829333			

Tabla 18. Análisis de varianza de la regresión para la degradabilidad ruminal efectiva de la fibra detergente neutro de la cebada con tasa de pasaje de 5 %/hora (DEFDN 5 %/h), en función a las diferentes edades de corte.

FV	GL	SC	CM	F	P > F
Regresión	2	525.5025333	262.7512667	137.87	<.0001
Residuos	51	97.1952000	1.9057882		
Total	53	622.6977333			

Tabla 19. Análisis de varianza de la regresión para la degradabilidad ruminal efectiva de la fibra detergente neutro de la cebada con tasa de pasaje de 8 %/hora (DEFDN 8 %/h), en función a las diferentes edades de corte.

FV	GL	SC	CM	F	P > F
Regresión	2	445.0612000	222.5306000	157.11	<.0001
Residuos	51	72.2348000	1.4163686		
Total	53	517.2960000			

Tabla 20. Análisis de varianza de la regresión para la fracción soluble (degradabilidad inicial) (a) de la fibra detergente ácido de la cebada en función a las diferentes edades de corte.

FV	GL	SC	CM	F	P > F
Regresión	2	163.7884000	81.8942000	38.58	<.0001
Residuos	51	108.2660000	2.1228627		
Total	53	272.0544000			

Tabla 21. Análisis de varianza de la regresión para la fracción potencialmente degradable (degradabilidad máxima) (b) de la fibra detergente ácido de la cebada en función a las diferentes edades de corte.

FV	GL	SC	CM	F	P > F
Regresión	2	1795.284933	897.642467	52.74	<.0001
Residuos	51	868.036400	17.020322		
Total	53	2663.321333			

Tabla 22. Análisis de varianza de la regresión para la tasa de degradación de la fracción b (c) de la fibra detergente ácido de la cebada en función a las diferentes edades de corte.

FV	GL	SC	CM	F	P > F
Regresión	2	1.37373333	0.68686667	1.34	0.2701
Residuos	51	26.07960000	0.51136471		
Total	53	27.45333333			

Tabla 23. Análisis de varianza de la regresión para degradabilidad potencial máxima de la fibra detergente ácido (DPFDA) de la cebada en función a las diferentes edades de corte.

FV	GL	SC	CM	F	P > F
Regresión	2	2394.773733	1197.386867	49.17	<.0001
Residuos	51	1242.064800	24.354212		
Total	53	3636.838533			

Tabla 24. Análisis de varianza de la regresión para la degradabilidad ruminal efectiva de la fibra detergente ácido de la cebada con tasa de pasaje de 2 %/hora (DEFDN 2 %/h), en función a las diferentes edades de corte.

FV	GL	SC	CM	F	P > F
Regresión	2	1075.662400	537.831200	112.48	<.0001
Residuos	51	243.869600	4.781757		
Total	53	1319.532000			

Tabla 25. Análisis de varianza de la regresión para la degradabilidad ruminal efectiva de la fibra detergente ácido de la cebada con tasa de pasaje de 5 %/hora (DEFDA 5 %/h), en función a las diferentes edades de corte.

FV	GL	SC	CM	F	P > F
Regresión	2	579.7465333	289.8732667	102.25	<.0001
Residuos	51	144.5796000	2.8348941		
Total	53	724.3261333			

Tabla 26. Análisis de varianza de la regresión para la degradabilidad ruminal efectiva de la fibra detergente ácido de la cebada con tasa de pasaje de 8 %/hora (DEFDA 8 %/h), en función a las diferentes edades de corte.

FV	GL	SC	CM	F	P > F
Regresión	2	411.0689333	205.5344667	94.73	<.0001
Residuos	51	110.6488000	2.1695843		
Total	53	521.7177333			

ANEXO III

PANEL FOTOGRAFICO

1. Codificado de muestras.

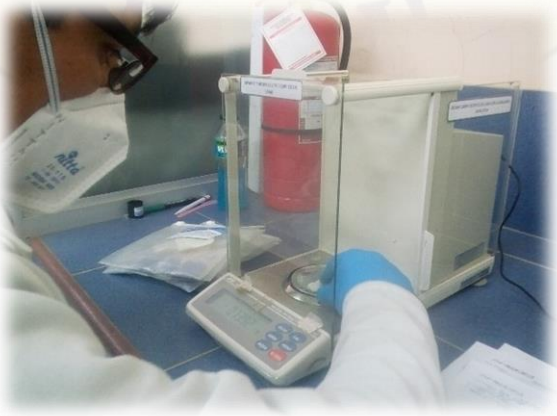
2. Pesado de muestras

3. Bolsas pesadas con muestras (cebada), preparadas para la incubación en el rumen.

4. Extracción de muestras (cebada), acabado el tiempo de incubación.

5. Muestras listas para el análisis de Fibra Detergente Neutra (FDN) (Ankon A200).

6. Muestras listas para el análisis de Fibra Detergente Acida (FDA) (Ankon A200).

7. Análisis de muestras terminado por el equipo (Ankon A200).

8. Pesado final de muestras y recolección de datos.