UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA

(*Creada por Ley Nro. 25265*)

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE ZOOTECNIA

TESIS:

INFLUENCIA DE LOS TIEMPOS DE COSECHA SOBRE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA Y DEGRADABILIDAD *"In situ"* DEL HIDROFORRAJE DE CEBADA EN TOROS

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN

PRESENTADO POR:

Bach. ARIAS QUISPE, Maritza

Bach. ARONI QUINTANILLA, Yovana

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ZOOTECNISTA

HUANCAVELICA-PERÚ

2021

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA

ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL DE TESIS

En la ciudad de Huancavelica, a los diecisiete días (17) del mes de diciembre del año 2021, siendo las quince horas (15:00), se reunieron los miembros del Jurado Calificador conformado por los docentes: Dr. Manuel Castrejon Valdez (Presidente), Ing. Yola Victoria Ramos Espinoza (Secretaria), M.Sc. Rodrigo Huamán Jurado (Vocal), designados con Resolución de Decano Nº 109-2018-FCI-UNH, de fecha 03 de setiembre del 2018, a fin de proceder con la sustentación y calificación virtual mediante el aplicativo MEET del informe final de tesis titulado: **"INFLUENCIA DE LOS TIEMPOS DE COSECHA SOBRE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA Y DEGRADABILIDAD *In situ* DEL HIDROFORRAJE DE CEBADA EN TOROS"**, presentada por las Bachilleres **Yovana ARONI QUINTANILLA y Maritza ARIAS QUISPE,** con presencia del M.Sc. José Luis Contreras Paco, Asesor de la presente tesis a fin de optar el **Título Profesional de Ingeniero Zootecnista**. Finalizada la sustentación virtual a horas 17.05 p.m.; se comunicó a las sustentantes y al público en general que los Miembros del Jurado abandonará el aula virtual para deliberar el resultado:

Yovana ARONI QUINTANILLA

APROBADO [X] POR MAYORIA

DESAPROBADO [ ]

Maritza ARIAS QUISPE

APROBADO [X] POR MAYORIA

DESAPROBADO [ ]

En señal de conformidad, firmamos a continuación:

Presidente

Secretario

Vocal

Vº Bº Decano

Titulo:

INFLUENCIA DE LOS TIEMPOS DE COSECHA SOBRE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA Y DEGRADABILIDAD *"In situ"* DEL HIDROFORRAJE DE CEBADA EN TOROS

Autores:

Bach. ARIAS QUISPE, Maritza

Bach. ARONI QUINTANILLA, Yovana

Asesor:

MSc. JOSÉ LUIS CONTRERAS PACO

DEDICATORIA

A Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

Maritza

A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que somos. Es un orgullo y el privilegio ser su hija, son los mejores padres

Yovana

Agradecimientos

- A nuestros Jurados por su generosidad al brindarnos la oportunidad de recurrir a su capacidad y experiencia científica en un marco de confianza, afecto y amistad, fundamentales para la finalización de este trabajo.

- Al MSc. José Luis Contreras Paco asesor del proyecto de tesis, quien con sus valiosas recomendaciones y sugerencias ayudaron al buen desarrollo de esta tesis.

- Queremos dejar constancia de nuestro sincero agradecimiento, a todos nuestros maestros que con sus conocimientos, experiencias y enseñanzas nos han motivado a seguir siempre adelante.

- Así mismo expresamos nuestro profundo agradecimiento a nuestra familia por comprender, brindarnos su cariño y apoyo económico durante el proceso de la formación profesional.

Los tesistas

ÍNDICE DE CONTENIDO

Portada i
Acta de Sustentación ii
Título: iii
Autores iv
Asesor v
Dedicatoria vi
Agradecimiento vii
Índice de contenido viii
Índice de tablas x
Índice de figuras xi
Resumen xii
Abstrac xiii
Introducción xiv

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

1.1. Descripción del problema 15
1.2. Formulación del problema 16
1.3. Objetivos 17
1.4. Justificación 17

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes 19
2.2. Bases teóricas sobre el tema de investigación 26
2.3. Bases conceptuales 35
2.4. Definición de términos 35
2.5. Hipótesis 37
2.6. Variables 38
2.7. Operacionalización de variables 38

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1. Ámbito temporal y espacial 39
3.2. Tipo de investigación 39
3.3. Nivel de investigación 39

3.4. Población, muestra y muestreo 40
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos 42
3.6. Técnicas y procesamiento de análisis de datos 46

CAPÍTULO IV

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis de información e interpretación de resultados 47
4.2. Proceso de prueba de hipótesis 55
4.3. Discusión de resultados 57
Conclusiones 63
Recomendaciones 64
Referencias bibliográficas 65
Apéndice 72

Índice de Tablas

Tabla 1. Cebada y el trigo hidropónico evaluados comparativamente con heno y cebada grano. 27

Tabla 2. Definición operativa de variables. 36

Tabla 3. Resumen general del análisis de varianza de la composición química en mención de la materia seca (MS), materia inorgánica (MI), materia orgánica (MO), proteína cruda (PC) y fibra detergente neutra (FDN) del hidroforraje de la cebada cosechada a los 16,18, 20 y 22 días. 43

Tabla 4. Media de la composición química en mención de la materia seca (MS), materia inorgánica (MI), materia orgánica (MO), proteína cruda (PC), y fibra detergente neutra (FDN) del hidroforraje de la cebada cosechada a los 16,18, 20 y 22 días. 43

Tabla 5. Resumen general del análisis de varianza de la degradabilidad *In situ* de la materia seca (MS) y proteína cruda (PC) del hidroforraje de la cebada cosechada a los 16,18, 20 y 22 días. 46

Tabla 6. Porcentaje de la degradabilidad *In situ* de la materia seca (%DMS) del hidroforraje de la cebada cosechada a los 16,18, 20 y 22 días. 46

Tabla 7. Porcentaje de la degradabilidad *In situ* de la proteína cruda (DPC), del hidroforraje de la cebada cosechada a los 16,18, 20 y 22 días. 47

Tabla 8. Resumen general del análisis de varianza de la degradabilidad potencial de la materia seca (DPMS) y proteína cruda (DPPC). 48

Tabla 9. Media de la degradabilidad general de los parámetros de degradación ruminal *In situ* de la materia seca (MS) del hidroforraje de la cebada cosechada a los 16,18, 20 y 22 días. 50

Tabla 10. Media de la degradabilidad general de los parámetros de degradación ruminal *In situ* de la proteína cruda (PC) del hidroforraje de la cebada cosechada a los 16,18, 20 y 22 días. 51

Índice de figuras

Figura 1. Presentación de la media de materia seca (%MS), proteína cruda (%PC) y fibra detergente neutra (%FDN), en hidroforraje de cebada cosechadas a los 16, 18, 20 y 22 días. 45

Figura 2. Degradabilidad *In situ* de la materia seca (DMS) del hidroforraje de la cebada cosechada a los 16,18, 20 y 22 días, según el modelo matemático de Ørskov y McDonald 47

Figura 3. Degradabilidad *In situ* de la proteína cruda (DPC) del hidroforraje de la cebada cosechada a los 16,18, 20 y 22 días, según el modelo matemático de Ørskov y McDonald..... 48

Figura 4. Media de cinética de degradabilidad *In situ* de materia seca (%DMS) de hidroforraje de cebada cosechadas a los 16, 18, 20 y 22 días. 51

Figura 5. Media de cinética de degradabilidad *In situ* de proteína cruda (%DPC) de hidroforraje de cebada cosechadas a los 16, 18, 20 y 22 días..... 52

Resumen

El propósito del presente trabajo de investigación fue evaluar la influencia de los tiempos de cosecha sobre la composición química y degradabilidad *In situ* de Materia Seca (MS), Proteína Cruda (PC), Materia Orgánica (MO) y Materia Inorgánica (MI) Fibra Detergente Neutra (FDN) de la cebada (*Hordeum vulgare L.)* en los tiempos de cosecha del hidroforraje de cebada: 16, 18, 20 y 22 días. Se utilizaron toros de la raza Brown swiss, fistulados en el rumen, con edades de 4 años, y peso medio de 410 kg. La cebada *(Hordeum vulgare L.)* de acuerdo a los tiempos de cosecha fueron pesados en bolsas 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 toros), con arreglo factorial de 4 x 6 (tiempos de cosecha y tiempos de incubación). Los resultados indican que, en la materia seca (MS 17,75%, 15,16%, 15,13%, y 17,59%), proteína cruda (PC 15.07%, 14,66%, 14,13% y 13,75%) y fibra detergente neutra (FDN 32.40%, 33,16%, 32,10% y 31,16%), influye los tiempos de cosecha (16, 18, 20 y 22 días) del hidroforraje de cebada, de manera contraria en la composición de Materia Inorgánica (MI) y materia orgánica (MO), no influye los días de cosecha. Mientras tanto los tiempos de cosecha en la degradabilidad potencial ruminal *"In situ"* del hidroforraje de cebada influye ($p < 0,05$) en la degradabilidad de MS y PC, de manera que la mayor degradabilidad potencial se da a los 16 días en materia seca (MS 59,51%, 61,96%, 64,36%, 68,27%, 73,58% y 75,38%) y a los 16 y 18 días en la proteína cruda (PC 62,97%, 66,10%, 70,29%, 72,41%, 74,72% y 77,06%). Así mismo la degradabilidad efectiva ruminal *"In situ"* del hidroforraje de cebada, influye ($p < 0,05$) en la degradabilidad de la materia seca (MS 78,28% y 78,76%) y proteína cruda (PC 72,25% y 72,90%), es así que la obtención de mayor degradabilidad efectiva es a los 16 y 18 días de cosecha. Se concluye que, la degradabilidad efectiva de materia seca (MS) y proteína cruda (PC), a tasas de pasajes de 2% hora en el hidroforraje de cebada a los 16 y 18 días de cosecha, es un excelente alimento nutritivo para rumiantes. Las mayores fracciones solubles y alta degradabilidad, permite clasificar a esta especie como un forraje de calidad nutricional.

Palabras clave: Degradabilidad, hidroforraje, tiempos de cosecha, composición química.

ABSTRACT

The purpose of this research work was to evaluate the influence of harvest times on the chemical composition and *In situ* degradability of Dry Matter (DM), Crude Protein (PC), Organic Matter (OM) and Inorganic Matter (MI) Detergent Fiber Neutral (FDN) of barley (Hordeum vulgare L.) at the harvest times of the barley hydroforrage: 16, 18, 20 and 22 days. Bulls of the Brown Swiss breed were used, fistulated in the rumen, with ages of 4 years, and average weight of 410 kg. The barley (Hordeum vulgare L.) according to the harvest times were weighed in nylon bags and incubated all at the same time and removed at the times of 0, 6, 12, 24, 48 and 72 hours, after incubation. . The experiment was conducted in a completely randomized block design (3 bulls), with a factorial arrangement of 4 x 6 (harvest times and incubation times). The results indicate that, in dry matter (DM 17.75%, 15.16%, 15.13%, and 17.59%), crude protein (PC 15.07%, 14.66%, 14.13% and 13.75%) and neutral detergent fiber (NDF 32.40%, 33.16%, 32.10% and 31.16%), influence the harvest times (16, 18, 20 and 22 days) of barley hydroforrage, Contrary to the composition of Inorganic Matter (MI) and organic matter (OM), it does not influence harvest days. Meanwhile the harvest times in the ruminal potential degradability *"In situ"* of the barley hydroforrage influences ($p < 0.05$) in the degradability of DM and PC, so that the highest potential degradability occurs at 16 days in matter dry (DM 59.51%, 61.96%, 64.36%, 68.27%, 73.58% and 75.38%) and at 16 and 18 days in crude protein (PC 62.97%, 66.10%, 70.29%, 72.41%, 74.72% and 77.06%). Likewise, the effective ruminal degradability *"In situ"* of barley hydroforming influences ($p < 0.05$) the degradability of dry matter (DM 78.28% and 78.76%) and crude protein (PC 72.25 % and 72.90%), it is thus that the obtaining of greater effective degradability is at 16 and 18 days of harvest. It is concluded that the effective degradability of dry matter (DM) and crude protein (CP), at passage rates of 2% per hour in barley hydroforming at 16 and 18 days of harvest, is an excellent nutritious food for ruminants. The highest soluble fractions and high degradability, allows classifying this species as a forage of nutritional quality.

Keywords: Degradability, Hydroforrage, Harvest Times, Chemical Composition.

Introducción

Las condiciones climáticas de la sierra del Perú se diferencian en dos periodos perfectamente definidos, un periodo corto de lluvias, con abundante pasto de buena calidad y, un periodo con disminución de la temperatura, ausencia de lluvias y reducción del fotoperiodo que dan lugar a déficits cualitativos y cuantitativos en la producción de los pastos, preferentemente en la época seca y fría (entre mayo y octubre) de cada año (Ochoa, 2018).

De acuerdo con Castro y Merino, (2020) 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.

Los tiempos de incubación del hidroforraje de cebada (*Hordeum vulgare L.*), y la determinación de la composición química en la Materia Seca (MS), Proteína Cruda (PC) Materia Orgánica (MO), Materia Inorgánica (MI) y Fibra Detergente Neutra (FDN), son indicadores para la determinación de la calidad de forraje citado por Castro y Merino, (2020). Teniendo en cuenta los aspectos antes mencionados se planteó el presente trabajo de investigación, con el siguiente objetivo: Evaluar la influencia de los tiempos de cosecha sobre la composición química y degradabilidad "*In situ"* del hidroforraje de cebada en toros.

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

CAPÍTULO I
PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

En los países en desarrollo las producciones ganaderas poseen problemas de gran índole, que los hacen menos competitivos, debido a la escasa disponibilidad e investigación en forrajes. La utilización de alimentos con un alto contenido de fibra, el empleo de dietas mal balanceadas, con una relación inadecuada de nutrientes, carbohidratos y proteína, bien sea con excesos o carencia de ellos, los sistemas de producción se vuelven deficientes, ya que esto puede inducir a que los animales sean improductivos, restringiendo así el rendimiento de los animales (Tieman et al., 2008).

En la sierra del Perú el forraje es estacional debido a la ausencia de lluvia y la presencia de heladas, estas limitantes han determinado la necesidad de buscar alternativas viables para su manejo y utilización por el productor, ya que el hidroforraje, ofrece la posibilidad de obtener pastos naturales y frescos todos los días del año, independientemente de la estación climática, para lo cual requiere mínimas áreas de terreno, poca agua y utilización de semillas que abundan en todas las regiones del Perú, tales como la cebada, trigo, arroz, sorgo, maíz, entre otros. (Dulanto, 2001).

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

En el periodo seco y frío, la escasez de forraje puede determinar deficiencias nutricionales en los animales, consecuentemente el rendimiento de los mismos, salvo que se recurra a los forrajes conservados (heno y/o ensilados) o alimentos concentrados. Además de los macro y micro elementos inorgánicos, la proteína y la energía constituyen nutrientes muy importantes, lo que requiere la conservación de forraje de alta calidad y producción de cultivos hidropónicos a fin de atender, el rendimiento animal durante todo el año. Entre otros forrajes, la cebada en la forma de cultivo hidropónico constituye una alternativa como alimento complementario solo o enriquecido de compuestos nitrogenados. La cebada hidropónica contiene entre 13,31 a 18,03 % de proteína (Carrasco et al., 1994, citado por Castro y Merino et al., 2020), entre otros nutrientes.

La escasa información que se tiene, relacionada con la degradabilidad ruminal de forrajes (Pulido y Leaver, 1999) nos predispone a una sobre o sub estimación de la proteína cruda ingerida, lo que se refleja en pérdidas económicas para el productor, por un desbalance en la alimentación (Gallardo, 2007)

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 materia seca (MS), proteína cruda (PC), materia orgánica (MO), materia inorgánica (MI) y fibra detergente neutra (FDN) Rogério da Silva et al. (1999).

Por lo mencionado, este trabajo busca determinar la influencia de los tiempos de cosecha sobre la composición química y degradabilidad *"In situ"* del hidroforraje de cebada en toros. Lo cual ayudara al productor a cosechar el hidroforraje de cebada en la edad adecuada, como un alimento de mayor calidad nutritiva y con menor costo posible.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la influencia de los tiempos de cosecha sobre la composición química y degradabilidad *In situ* del hidroforraje de cebada en toros?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar la influencia de los tiempos de cosecha sobre la composición química y degradabilidad *In situ* del hidroforraje de cebada en toros.

1.3.2. Objetivos específicos

1) Determinar la composición química: materia seca, proteína cruda, materia orgánica, materia inorgánica y fibra detergente neutra en los diferentes tiempos de cosecha del hidroforraje de cebada.

2) Determinar la degradabilidad potencial del hidroforraje de cebada en toros cosechada a los 16, 18, 20 y 22 días.

3) Determinar la degradabilidad efectiva del hidroforraje de cebada en toros cosechada a los 16, 18, 20 y 22 días.

1.4. Justificación

El proyecto de investigación se enfocó en estudiar el hidroforraje de cebada cultivado en diferentes tiempos de cosecha a partir de una evaluación de la composición química y degradabilidad "*In situ*", utilizando toros fistulados a nivel ruminal con la finalidad de proponer una nueva alternativa que puede complementar la dieta de los animales como forraje.

El sector agropecuario requiere de la introducción y aplicación de los avances de la ciencia para así mejorar la productividad de dicho sector y enfrentar las limitantes reemplazando las necesidades crecientes de alimentos que requiere la población. Por lo tanto, el hidroforraje de cebada es una alternativa interesante para sustituir la alimentación tradicional; permitiría asegurar una fuente constante de alimento muy homogéneo en volumen de fitomasa, siendo un alimento verde de alta palatabilidad para cualquier animal y de excelente valor nutritivo en su composición química. El hidroforraje de cebada tiene un alto valor nutritivo (proteína, minerales y vitaminas), consumible por su aspecto, color y textura; tiene una alta digestibilidad se aprovecha todo: raíz, semilla y tallo verde.

Los productores lograrán aprovechar el hidroforraje de cebada en época de escasez de alimentos y de esta manera aumentar los sistemas de producción animal y mejorar las condiciones socio económicas de los productores. El análisis del porcentaje de la degradabilidad de las variables dependientes que será determinada en este trabajo, ayudará a la utilización potencial del hidroforraje de cebada, de manera confiable como una alternativa en la alimentación de los toros que no solo será en las épocas de escases sino también durante todo el año.

Considerando que el hidroforraje de cebada es una excelente alternativa de alimento, es de especial importancia para el productor, que esta actividad sea promovida y desarrollada. Con la crianza más adecuada y de mayor productividad que genere mayores ingresos económicos mediante la utilización eficiente del hidroforraje. Por tanto, interesa intensificar al máximo la alternativa forrajera y asegurar un alto rendimiento del forraje.

CAPITÍULO II
MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

A nivel internacional

Ortiz, et al., (2019) señalan en su investigación "Influencia de la edad de corte en la composición química, cinética de degradación del ruminal y digestibilidad *In vitro* del forraje hidropónico verde de *Avena sativa.",* cuyo objetivo fue evaluar la influencia de la edad de corte en la química, la cinética de degradación del rumen y la digestibilidad *In vitro* del forraje verde hidropónico de *Avena sativa.* Los tratamientos fueron: T1:8, T2:11, T3:14 y T4:17 días después de la germinación. La MS mostró incremento lineal (P = 0,0034) en los días de cosecha. La FDN fue mayor en T3 y T4 (457,2 y 479,1 g / kg MS). La MO, AFD, GE y la digestibilidad de la MS y MO no mostraron diferencias (P>0,05) entre tratamientos. La degradación ruminal de las fracciones de MS A, B y A + B no mostró diferencias (P>0,05). La tasa de degradación (c% h1) fue mayor en T2. La degradación efectiva mostró una reducción lineal (P<0,05) cuando aumentaron los días para cortar. La degradación de la fracción A de MO se redujo linealmente (P <0,05) en unos días en el corte. La fracción B no mostró diferencias (P> 0,05) entre tratamientos y la tasa de degradación (c% h1) fue mayor (P = 0,0009) en T2. La degradación efectiva disminuyó linealmente (P = 0,0001) cuando aumentaron los días para cortar. La fracción A de CP fue mayor (P = 0,0001) en T3 (888,0 g / kg MS). La fracción B y la tasa de degradación (c% h1) fueron mayores en T1 y T4. La degradación efectiva (0,02% k) no mostró diferencias (P> 0,05), al 0,05% k fue mayor en T1, T2 y T3. Y al 0,08% k fue mayor en T2 y T3. La degradación de la fracción A de FDN fue mayor en T1, T3 y T4. La fracción B y A + B no mostraron diferencias (P> 0,05) entre tratamientos. La tasa de degradación (c% h1) fue mayor en T1 y T2. Y la degradación efectiva no mostró diferencias (P>0,05) entre tratamientos. Llegando a la conclusión que el tiempo de cosecha óptimo para lograr un mejor producto en composición químico y una mayor digestión ruminal se encuentra entre los 11 días de cosecha del forraje verde hidropónico de *Avena sativa.*

Paillacho (2017), señaló en su investigación titulada “Composición química y cinética de degradación ruminal de forraje verde hidropónico de avena a cuatro tiempos de cosecha”; el objetivo fue evaluar el efecto de la edad de cosecha sobre el valor nutricional del (FVHA). Los resultados muestran mayor (P=0,0012) contenido de MS en los tratamientos T2 (94,56), T3 (95,29) y T4 (95,28), con respecto a la MO, FDA, EB no mostraron diferencias entre tratamientos (P>0,05), sin embargo, la FDN y Cenizas fue mayor (P<0,05) en los tratamientos T3 y T4 (45,72 y 47,91, 4,46 y 4,91) con relación a los demás tratamientos. El potencial de degradación de la MS y MO (A+B) no presentaron diferencias entre tratamientos (P>0,05), sin embargo, en la degradación efectiva fue mayor (P<0,05) en T1 y T2. Con respecto al potencial de degradación (A+B) y degradación efectiva de la FDN y FDA no mostraron diferencias entre los tratamientos (P>0,05). La digestibilidad *In vitro* de la MS y MO no mostraron diferencias entre tratamientos (P>0,05). Bajo las condiciones del estudio se concluyó que los tiempos de cosecha del FVHA óptimos para la alimentación de los rumiantes son entre 8 y 11 días, ya que contiene el mayor contenido de nutrientes y mejores parámetros de degradación ruminal.

Silva (2017), ejecutó el presente trabajo de investigación “Producción de forraje hidropónico de cebada *(Hordeum vulgare l.)* y maíz *(Zeamays l.)* con la aplicación de tres hormonas”, el objetivo del trabajo fue de evaluar tres hormonas en cebada y maíz en un sistema de FVH. Los resultados mostraron lo siguiente: en cuanto a proteína: la cebada con aplicación de CYTOKIN® presentó el valor más alto con (16,76%) mientras que el maíz con la misma hormona con un (13,14%). El porcentaje de fibra más alto se encontró en la cebada con CYTOKIN® (19,45%), mientras que en el maíz presentó valores más bajos con CYTOKIN® (13,14%). Finalmente, se observó que la cebada reportó los mejores resultados en los análisis bromatológicos (Proteína, fibra bruta, cenizas, grasa); y valores más bajos en el caso de maíz. Concluyendo que se debe considerar el cultivo hidropónico de la cebada.

Vargas (2015), efectuó la investigación “Rendimiento de sorgo *(Sorghum bicolor)* y cebada *(Hordeum vulgare)* bajo tres densidades de siembra como forraje verde hidropónico”; con el objetivo de evaluar el rendimiento del sorgo y cebada bajo tres densidades de siembra, para la producción de FVH. En los resultados se destaca el sorgo con una densidad de siembra de 2,5Kg/m^2 en relación al otro cereal y densidades de siembra, que obtuvo un rendimiento de 12,9 Kg/m^2 con contenido de proteína de 17,19%, siendo una buena alternativa para los productores agropecuarios. Concluyendo que el contenido de proteína cruda para el sorgo fue de 17,2% y la cebada el 12%, donde los tiempos de cosecha juegan un papel muy importante para la definición de esta variable.

Huiza (2015), realizó el trabajo de investigación “Evaluación de la producción de forraje verde hidropónico de cebada *(Hordeum vulgare)* y avena *(Avena sativa)* bajo tres niveles de abonamiento con té de humus de lombriz”, el objetivo fue evaluar el efecto del Té de humus de lombriz como abono foliar sobre la producción y calidad nutricional de la avena y cebada FVH, cultivadas en ambiente protegido. Concluyendo que las propiedades nutritivas del forraje como la materia seca, energía, proteína, cenizas y minerales, no todos están ligados a la aplicación de té de humus de lombriz, en la MS el mejor resultado fue de la avena con 22,22% y la cebada con 12,89%. La PC en el FVH tiene un efecto directo con la aplicación del té de humus de lombriz y el tipo de grano forrajero el T2 presento mayores porcentajes de PC en la avena y cebada con 33,68% y 26,12%.

Jiménez (2013), realizó el estudio de “Producción de forraje verde hidropónico de trigo y cebada, en diferentes épocas de cosecha en la quinta experimental Punzara”, cuyo objetivo es determinar la biomasa, valor nutritivo del trigo y cebada cultivado en sistema hidropónico. El resultado en la producción de FVH de cebada y trigo, existe diferencia estadística altamente significativa entre los tratamientos (tiempo de cosecha, 17, 21 y 25 días). Concluyendo que el FVH de cebada y trigo cuenta con el porcentaje de proteína y fibra para aportar a la nutrición del bovino. El porcentaje de proteína de la cebada fue mayor a los 17 días, con 11,39 % en BS y en cuanto a la fibra fue mayor en BS a los 25 días con 36,56 %. A diferencia del FVH de trigo, que el mayor porcentaje de proteína fue de 13,91 % en BS y fibra con 17,60 en BS % a los 25 días.

Cerillo et al., (2012), realizaron el trabajo de investigación “Producción de biomasa y valor nutricional del forraje verde hidropónico de trigo y avena”; con el objetivo de determinar la composición química (PC, FDN, FDA, celulosa, hemicelulosa, lignina), degradabilidad *In situ* de MS y PC. La PC del FVH varía de acuerdo al tipo de semilla, días de cosecha y densidades de siembra. Para utilizar ventajosamente este tipo de forraje hidropónico, se debe proporcionar a los animales entre 10 y 12 días después de su germinación. El contenido de FDN tuvo un promedio general de 52,6%. El promedio general fue de 87,3% de degradabilidad de la PC a los 24h de incubación. Las variables nutricionales consideradas en el presente trabajo permiten concluir que el FVH ofrece condiciones de buena calidad nutritiva. Su contenido en proteína, componentes estructurales, energía metabolizable y parámetros de fermentación ruminal, así como la alta producción de biomasa, le confieren este tipo de forraje no convencional, características cualitativas deseables para la alimentación animal. Adicionalmente, el costo de producción del FVH de trigo ($2,29 pesos mexicanos/kg MS) constituye un atractivo para favorecer una| reducción del costo de la alimentación de rumiantes.

Herrera et al., (2010), efectuaron el trabajo de investigación “Efecto del tiempo de cosecha sobre el valor proteico y energético del forraje verde hidropónico de trigo”; con el objetivo de evaluar el efecto del tiempo de cosecha (8, 10 y 12 días) con respecto al valor proteico y energético del forraje verde hidropónico (FVH) de trigo. En los resultados se encontró que la mayor concentración de PC se observó el día 10 (21,49%), mientras que las concentraciones de FDN y FDA incrementaron conforme avanzó el día de cosecha. Se registraron diferencias significativas ($p<0,05$) en los parámetros de degradabilidad *In situ* de la MS en los días de cosecha estudiados. Concluyendo que estimaciones relacionadas con las características fermentativas y energéticas del FVH a 10 días de cosecha le confieren a éste un valor nutritivo superior.

De Souza et al., (2009), realizaron el trabajo de investigación que lleva por título “Ruminal degradability *In situ* of nutritive components of some concentrates used in bovine feeding”; con el objetivo de llegar a determinar las degradaciones *In situ* de las siguientes: (MS), (MO), (PB), (FDA) y de la (FDN) del hueso de algodón integral (CAI), (FS), el grano de girasol (GG), la torta de nabo forrajero (TN) y del maíz triturado (MT). Los resultados que obtuvieron de las degradaciones efectivas (DE) de la (MS) y de la (PB), fueron, 40,93% y 48,95% del hueso de algodón integral; 67,35% y 53,20% del salvado de soja; 63,38% y 72,50% del grano de girasol; 66,59% y 57,82% de la torta de nabo forrajero y 63,65 y 54,18% del maíz triturado. Se concluye que la torta de nabo forrajero tiene un gran potencial para sustituir el salvado de soja como fuente proteica en la alimentación de los rumiantes.

Delgado et al., (2006), señalaron en el trabajo que realizaron de título: “Degradabilidad ruminal de materia seca y nitrógeno total en vacas, en un sistema de pastoreo de gramíneas y leguminosas”; el objetivo de este trabajo fue determinar la degradabilidad ruminal efectiva *In situ* de la (MS) y (Nt) de leucaena (*Leucaena leucocephala*), gliricidia (*Gliricidia sepium*) y pasto estrella (*Cynodonnlen fuensis*). En los resultados los valores que se determinaron de la degradabilidad ruminal efectiva de MS en Gliricidia, leucaena y pasto estrella, oscilaron entre los siguientes valores 41,53% -51,70 %, 37,92% - 47,66 % y 36,97% - 47,41 %, en cada uno de los alimentos, respectivamente. Llegando así a la siguiente conclusión que las especies leguminosas, mostraron un elevado potencial nutricional; por su alta concentración de proteínas y su dinámica de degradación en el rumen.

Calles (2005), en su trabajo de investigación “Evaluación de la producción y calidad de forraje verde hidropónico (FVH) de cebada con la utilización de diferentes niveles de azufre y su respuesta en ganado lechero”; con los objetivos: determinar cuál de los tratamientos permitirá alcanzar mayor incidencia del azufre en el desarrollo de la planta para la obtención de FVH, determinar el efecto del azufre en la calidad de FVH de cebada y evaluar la producción lechera con el suministro de FVH. No ocurre lo mismo en la valoración nutritiva del alimento en el cual el tratamiento que mejor respuesta obtuvo a la fertilización de S fue el de 20 ppm de S, esto se debe a que tuvo un incremento de 2 % de proteína en los análisis

químicos mostrando un 17,8%. Concluyendo que en las variables: inicio, porcentaje de germinación; aparecimiento de las primeras hojas no se encontró diferencias significativas en los tratamientos; en la producción de biomasa total, radicular y caulinar, el tratamiento de mejor respuesta a la fertilización fue 40 ppm con pesos de 3490,83; 2338,86 y 1151,98 respectivamente; en la altura promedio del tallo y longitud a los 15 días, la mejor respuesta fue del tratamiento 40 ppm de S, llegando a un promedio total de 7,87 y 18,94 cm. respectivamente; en cuanto a la longitud promedio de la raíz y longitud a los 15 días de sembrada la semilla, el mejor tratamiento fue 40 ppm de S con una media de 4,68 y de 15,05 cm en su orden; y en cuanto al índice de crecimiento del tallo no existieron diferencias significativas, pero se observó un alto crecimiento de las plantas a partir del 9no. y 10mo. día.

Amorim et al., (2001), realizaron la investigación de "Composición bromatológica y degradabilidad *In situ* de la parte aérea de la planta de maíz, producida por hidroponía"; con el objetivo de evaluar la composición bromatológica de la parte aérea de la planta de maíz (*Zea mays L.*) producida por el sistema de hidroponía. El comportamiento de la degradación fue similar entre las plantas cultivadas en los diferentes substratos, presentando elevada disponibilidad de nutrientes para los animales. Concluyendo así que la composición bromatológica y la alta degradabilidad de la parte aérea de la planta de maíz producida por hidroponía, indican que este forraje es de buena calidad y puede ser utilizado en la alimentación de rumiantes.

A nivel nacional

Ccente y Cornejo (2016), realizaron el trabajo de investigación "Influencia de diferentes concentraciones de biol y tiempo de cosecha en la composición química y producción de cebada hidropónica"; con el objetivo de evaluar la influencia de diferentes concentraciones de biol y tiempos de cosecha sobre la composición química la ("PC", "MS", "MO"). Los resultados en la composición química muestran que los valores más altos para PC fueron 15,89 % a los 15 días de cosecha y 15,74% a concentración 100% de biol, en cuanto a la MS se posibilito tenores mayores (12,53%) a los25 días de cosecha y 11,86% con 50 % de concentración de biol, para la MO se lograron cifras más elevadas a los 15 días de cosecha (95,32 %) y 95,02%

al O % de concentración de biol. Se concluye que el uso del biol podría ser una alternativa utilizable para paliar los problemas de escasas de nutrientes en el forraje.

Candia (2014), realizó el trabajo "Evaluación de la calidad nutritiva de forraje verde de cebada *Hordeum vulgare* hidropónico, fertilizado con soluciones de guano de cuy *Cavia porcellus* a dos concentraciones", cuyo objetivo fue evaluar la calidad nutricional del forraje verde hidropónico de cebada fertilizada con soluciones de guano de cuy. Como resultados en el análisis químico de las soluciones de guano de cuy encontró 4,14% y 8,09% de MS y 2,77% y 5,56% de MO en soluciones de guano de cuy de 100 g/L agua y 200 g/L agua, respectivamente. Se concluye que las soluciones de guano de cuy son una alternativa orgánica de fertilización para el forraje hidropónico de cebada debido a la calidad de nutrientes que ofrece a la planta.

Carhuapoma et al., (2014), efectuaron el trabajo "Producción de forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) usando efluente de piscigranja de truchas", con el objetivo de determinar el efecto del efluente de pozas de trucha sobre la producción de forraje verde hidropónico de cebada (FVH). Las variables evaluadas fueron: tiempo de desarrollo del biofiltro, contenido de N-NO3- en el biofiltro completamente desarrollado, porcentaje de proteína y altura de planta los días 4, 8, 12 y 16 de producción. Dentro de los resultados se encontró los valores de proteína bruta del FVH en materia fresca obtenidos para el T2 fueron 13,02 % a los 4 días, 14,07% a los 8 días, 15,56% a los 12 días y 16,98% a los 16 días. Llegando a la conclusión que es factible utilizar el efluente de piscigranjas para la producción de FVH de cebada.

Paquiyauri y Quispe (2013), en su trabajo de investigación "Influencia de niveles de azufre en la producción, composición química bromatológica y la digestibilidad del forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*)"; con el objetivo de evaluar la influencia de los niveles de azufre en la producción, composición química bromatológica y digestibilidad del forraje verde hidropónico de la cebada. En la composición química bromatológica los porcentajes de PC y ELN, el nivel O ppm de S presentó mayores contenidos, con 12,95 % y 55,19 %, en la fibra cruda y fibra detergente neutro el nivel que resalto con mayor respuesta fue el 30 ppm de S, con 23,61 % y 65,95 %, en extracto etéreo y ceniza el nivel que presentó

mayor respuesta es el 40 ppm de S con 3,88 %, 4,61%. Se concluye que se puede utilizar del azufre como fuente para el mejoramiento de la producción de biomasa y altura de tallo.

Contreras et al., (2008), realizaron la investigación de título "Influencia de dos soluciones nutritivas en la composición química y producción de la cebada hidropónica"; el objetivo fue de evaluar la influencia de dos soluciones nutritivas sobre la composición química de materia seca, materia orgánica y proteína cruda; altura de planta, producción de: masa forrajera, materia seca, materia orgánica y proteína cruda. Las soluciones nutritivas no influyeron (P>0,05) sobre el contenido de la materia seca, cuya media fue de 8,39%. Las parcelas regadas sin solución nutritiva (testigo) presentaron un mayor contenido de materia orgánica (95,42%). La solución nutritiva de la (UNH) posibilitó mayor proteína cruda (13,74%) en comparación al testigo, pero similar a la solución de la UNALM.

Cordero et al., (2004), realizaron el trabajo de investigación "Uso de la urea y sales minerales para animales en la determinación del valor nutritivo del germinado de cebada"; donde estudiaron tres niveles de urea (0, 6 y 12%) y tres niveles de suplemento mineral (0, 6 y 12%) utilizados en la alimentación animal, con la finalidad de determinar su efecto sobre la composición química y rendimiento forrajero de la cebada en forma de cultivo hidropónico. Los resultados de este experimento concluyen que: el suplemento mineral al 12% exento de urea mostró superioridad en el contenido de materia seca de la cebada, ya que en uso de los niveles de 6 y 12% de suplemento mineral en la presencia de 12% de urea propiciará resultados satisfactorios en el contenido de materia seca de la cebada.

2.2. Bases teóricas sobre el tema de investigación

2.2.1. Composición química

Se refiere a la cantidad de nutrientes orgánicos y minerales presentes, así como la existencia de factores o constituyentes que influyen sobre la calidad de los pastos y forrajes (Gonzales et al., 2001).

Composición química se refiere a qué sustancias están presentes en una determinada muestra y en qué cantidades, las cuales corresponden al

contenido de proteínas, grasa, humedad, cenizas, minerales y vitaminas (Farre et al., 2001).

- **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).

- **Proteína cruda (PC)**

  La proteína cruda consiste de proteína verdadera (amino ácidos contenidos en cadenas polipeptídicas) y nitrógeno no proteico (amidas, nitratos, ciertas vitaminas, urea, amino ácidos individuales, etc.). Este análisis tiene como principio la determinación del contenido de nitrógeno de un alimento. Este contenido es multiplicado por el factor 6,25 para convertir el valor de nitrógeno a PC (Mc Donald, 2002).

  La relación entre el peso total de una proteína y el de su contenido en nitrógeno es muy constante, de 6,25: las proteínas contienen un 16% de nitrógeno. Por eso, se puede estimar el peso de la proteína conociendo el peso del N que contiene (p. ej. por el método Kjeldahl) y multiplicándolo por 6,25 (Barreto, 2010).

  La proteína cruda está conformada por dos fracciones: la Proteína Verdadera que son las cadenas de aminoácidos y el Nitrógeno no Proteico compuesto de aminas, aminoácidos libres, pigmentos, sales de amonio, alcaloides, glucósidos, etc. (Alcázar, 1997).

  Materia inorgánica (MI)

  Según CINA (2011, en línea), el análisis de ceniza es el residuo inorgánico de una muestra incinerada que se determina con el propósito de analizar el mineral, cantidad de materia orgánica y total de

nutrimentos digeribles, y señalar la presencia de adulterantes minerales. La determinación de ceniza permite encontrar la adición de materias inorgánicas a un alimento. Se basa en la calcinación de la muestra a 600º C por 4 a 6 horas.

Las cenizas son el residuo que queda después que todo el material combustible se ha quemado (oxidado completamente) en un horno a una temperatura entre 500 y 600 ºC. Desde el punto de vista de la nutrición, los valores de las cenizas tienen poca importancia, aunque valores muy elevados podrían indicar que existe contaminación con suelo o dilución de alimentos con sustancias como sal y roca caliza. En el análisis inmediato se requieren datos sobre las cantidades de cenizas para obtener otros valores. Obsérvese que algunos elementos minerales, como el yodo y el selenio, podrían ser volátiles y se pierden al convertir la sustancia en ceniza. Normalmente, estos elementos representan solo un porcentaje muy pequeño del total, de manera que el error es muy pequeño (Church, 2009).

Corresponden a los elementos minerales de los alimentos o tejidos biológicos, determinados quemando (convirtiendo en cenizas) la materia orgánica y pesando el residuo (que son las cenizas). Durante la incineración, la materia orgánica del material en estudio se oxida, y los minerales que se encuentran en combinaciones orgánicas pasan a forma inorgánica. La determinación no proporciona información sobre los elementos específicos presentes, ya que las cenizas pueden incluir tanto el carbono precedente de la materia orgánica como los carbonatos, si existe un exceso de los minerales en forma de bases (Fuller, 2004).

Fibra detergente neutro (FDN)

Está compuesta por celulosa, hemicelulosa, lignina y cutina, que son componentes de la pared celular. Su digestibilidad es variable dependiendo de la edad de la planta y del grado de lignificación (National Research Council, 2001).

La fracción FDN corresponde a la pared celular. La digestibilidad y disponibilidad de esta fracción es controlada por las características estructurales y arreglo tridimensional de sus componentes principales: Celulosa, hemicelulosa, lignina y silica, todos ellos agrupados en esta fracción. Los rumiantes son capaces de utilizar (fermentar o digerir) la celulosa y hemicelulosa contenidos en esta fracción. El análisis no proporciona información sobre la velocidad y potencial de utilización de estos compuestos. Dependiendo de la naturaleza de muestra y los tratamientos a que esta es sometida, esta fracción insoluble o FDN puede contener cantidades variables de proteína, mineral y cutina (Mc Donald et al., 2002).

Las muestras se hierven durante una hora en una solución que contiene principalmente laurisulfato sódico. Este detergente extrae lípidos, ácidos orgánicos y otros minerales hidrosolubes; pectina (de manera común considerada como un carbohidrato fibroso); compuestos nitrogenados no proteínicos; proteínas solubles; sílice y taninos. Al material insoluble se le denomina residuo de detergente neutro (NDF, por sus siglas en ingles).

Este material contiene los principales componentes de la pared celular, como la celulosa, hemicelulosa y lignina. También es posible que contenga componentes secundarios de la pared celular, entre otros, algunas proteínas, nitrógeno ligado, minerales y cutina (Church, 2009).

2.2.2. Composición química del forraje verde hidropónico

Tabla 1

Cebada y el trigo hidropónico evaluados comparativamente con Heno y Cebada Grano.

Composición	DUTHIL		FOX		
	FVH Trigo (%)	FVH Cebada (%)	Cebada grano (%)	Cebada heno (%)	FVH Cebada (%)
Ceniza	0,41	0,52			
Proteína cruda	27,32	20,54	12,5	17,6	20,8
Grasa cruda	0,39	0,28			
ELN	5,37	5,98			
Fibra cruda	2,58	1,92			
Materia seca	12,04	10,95	90,0	80,0	15,0

Fuente:Duthil (1976) y Fox (2000)

2.2.3. Degradabilidad

2.2.3.1. Concepto de degradabilidad ruminal *In situ*

Ayala et al., (2003) mencionan 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.

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, citado por Ochoa, 2018).

2.2.3.2. Importancia de la degradabilidad Ruminal

El conocimiento de la degradabilidad y la digestibilidad de los alimentos son fundamentales para establecer su valor nutritivo; y, por tanto, para la formulación de raciones para rumiantes (Bochi-Brum et al., 1999 citado por Araiza et al., 2013).

2.2.3.3. Técnica *In situ* para evaluar la degradabilidad ruminal

La degradabilidad *In situ* tiene por objetivo proporcionar información del alimento referente a las fracciones solubles (a) y lentamente degradables (b), tasa de digestión y la degradabilidad potencial (DP) y efectiva (DE), así como las tasas de pasajes de 2, 5 y 8%/h (Campos et al., 2011) y consumo (Araujo et al., 2010).

Orskov (1980) propone el uso de la técnica de la bolsa de nylon para evaluar digestión ruminal de materias primas, utilización bolsas de material sintético, no degradable en el rumen para incubar muestras, asumiendo que la porción que desaparece de éstas es la fracción degradable de ese alimento, mientras que la que permanece en las bolsas es la fracción no degradable.

Es un proceso de fermentación del material a estudiar, donde se introduce la muestra en una bolsa de poliéster o de nylon con pequeños poros. Esta bolsa se suspende en el rumen, a través de la cánula de un animal, durante periodos determinados de tiempo. Las bacterias, líquidos y productos finales de la digestión entran y salen a través de los poros. El material que desaparece dentro de la bolsa se considera que ha sido digerido. Los resultados se hallan sometidos a errores tanto por entrada como por salida, ya que algunos componentes solubles y partículas pequeñas pueden abandonar la bolsa sin ser digeridas y de la misma forma, las bacterias ruminales pueden entrar en la bolsa durante la fermentación. Generalmente se utiliza una bolsa que puede tener 14 cm de alto y 9 cm de ancho. La digestibilidad de los forrajes y las fuentes de proteína pueden ser determinadas rápidamente a través de esta técnica (Orskov et al., 1980, citado por Gómez et al., 2007).

2.2.3.4. 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, citado por Ochoa, 2018).

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, citado por Castro y Merino, 2020).

2.2.3.5. Degradabilidad efectiva

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

La estimación de la degradabilidad efectiva en el rumen (DE) es quizá el cálculo más importante en el estudio de la cinética ruminal dado que permite establecer la proporción de fracciones nutricionales que son degradadas y aquellas que no logran degradarse en el rumen. La estimación correcta de este parámetro es necesaria para un adecuado manejo nutricional de los rumiantes y, en consecuencia, para una mejor utilización de los nutrientes (National Research Council, 2001).

Delgado et al. (2001) señala que la degradación de un alimento en el rumen no sólo depende de las fracciones que la componen y de la velocidad de degradación, también lo es su tiempo de permanencia en el órgano, que está dado por la tasa de pasaje del alimento hacia las partes más bajas del tracto digestivo. Es por ello que se presenta

la degradabilidad efectiva para la materia seca, estimada a partir de una tasa de pasaje.

2.2.3.6. Tiempo de Incubación

El tiempo de incubación variará de acuerdo al material que se esté incubando. La sugerencia de Orskov y Mc Donald, (1979) que pueda servir como una guía general; la importancia de poder establecer el tiempo de incubación de acuerdo a los objetivos de estudio, por lo que no es posible generalizar el tiempo que un determinado alimento debe permanecer en el rumen. Los puntos señalados son algunas recomendaciones que se deben tomar en cuenta en cualquier trabajo de investigación, donde se utilice la técnica de degradación ruminal, para poder aumentar la precisión de las mediciones "*In situ*". pero para que esto suceda, se requiere que la información provenga de un método estándar. Para poder crear tablas donde se pueda tabular la información citado por Merlo et al., (2007).

2.2.4. Tiempos de cosecha

Moreno (2000), menciona que para saber cuándo realizar la cosecha se debe hacer cuando la plántula ha alcanzado una altura promedio de 25 cm. Este desarrollo demora de 8 a 12 días, dependiendo de la temperatura, las condiciones ambientales y las frecuencias del riego.

Los tiempos de cosecha, los tiempos de incubación de la cebada 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).

Según la FAO (2002), En términos generales, entre los días 12 a 14 se realiza la cosecha del cultivo hidropónico.

2.2.5. Hidroforraje

El hidroforraje es el resultado del proceso de germinación de granos de cereales, como la cebada, trigo, avena y maíz, los cuales se desarrollan en

un período de 15 a 20 días, captando energía del sol y asimilando los minerales contenidos en una solución nutritiva. El proceso de producción del hidroforraje está comprendido dentro de un concepto nuevo de producción, ya que no se requiere grandes extensiones de tierras, periodos largos de producción ni formas de conservación y almacenamiento (Tarrillo, 2002).

Su masa forrajera es completa: hojas, tallos, semillas y raíces que se logra gracias al poder germinativo de la semilla, agua y energía solar (Tarrillo, 2008).

2.2.5.1. Importancia

El forraje verde hidropónico o hidroforraje es un forraje de alta calidad superior a otros forrajes (PT. 19.4%, NDT. 75%, Grasa. 3,15% y una Digestibilidad 90%), el cual se suministra al ganado en forma completa (hojas, tallos, semillas y raíces) constituyendo una completa formula de carbohidratos, azúcares, proteínas, minerales y vitaminas. Su aspecto, sabor, color y textura le confieren gran palatabilidad a la vez que aumenta la asimilación de otros alimentos (Tarrillo, 2002).

El hidroforraje es un sistema de producción de biomasa vegetal de alta sanidad y calidad nutricional producido muy rápidamente (12 a 16 días) captando energía del sol, dependiendo las especies a la que queramos alimentar en cualquier época del año y en cualquier localidad geográfica, siempre y cuando se establezcan las condiciones mínimas (Chumbes y Espinoza, 2005).

2.2.5.2. Ventajas del hidroforraje

1. Ahorro de agua: en el sistema de producción del hidroforraje las pérdidas de agua por evapotranspiración, escurrimiento superficial e infiltración son mínimas al comparar con las condiciones de producción convencional en especies forrajeras,

cuyas eficiencias varían entre 270 a 635 litros de agua por kg de materia seca (Rodríguez, 2000).

2. Una producción programada de acuerdo con las necesidades es de alta digestibilidad, se puede producir en cualquier clima y época con invernaderos, bajo costo de producción comparado con el cultivo normal, producción en espacios reducidos, alta palatabilidad, reduce mano de obra para su manejo, bajo en contaminantes y alto contenido proteico. El tiempo que se requiere para obtener un alimento adecuado, va de siete a quince días, tiempo muy corto en relación con el cultivo tradicional como es el caso del maíz, el cual requiere de 142 días en promedio (Elizondo 2002).

3. Según Vázquez (2014), existen una serie de ventajas en la producción de FVH al compararlas con un sistema de producción de forraje en condiciones de campo, entre las que se pueden mencionar: se produce en reducido espacio, se requiere poca agua, aumento en la producción, contenido de grasa y sólidos totales de la leche de vacas en pastoreo, mejora la condición corporal del animal, entre otras ventajas.

2.2.5.3. Parámetros productivos y químicos de la cebada como hidroforraje

El valor nutritivo de los alimentos se estudia a través del análisis bromatológico (San Miguel, 2006); la cual pretenden determinar la cantidad y calidad de los principios inmediatos que constituyen un determinado alimento. Como la determinación rigurosa del tipo y cantidad de los distintos principios inmediatos que constituyen un alimento sería una labor extremadamente compleja, habitualmente se emplean técnicas analíticas más sencillas que determinan y valoran no los principios inmediatos sino otras variables similares, aunque más fáciles de extraer y cuantificar, que se denominan principios nutritivos.

2.3. Bases Conceptuales

2.4. Definición de términos

Hidroforraje: Es un desarrollo tecnológico que viene a complementar las características productivas naturales de la tierra, que permite mejorar la competitividad de la producción ganadera ante el inminente avance de la agricultura, siendo un método utilizado para cultivar plantas usando disoluciones minerales en vez de suelo agrícola.

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. (Fuller, 2004).

Degradabilidad: Define la parte del alimento que desaparece debido a los procesos digestivos microbianos en el rumen de los rumiantes. Está afectada por las características del alimento y por la velocidad de tránsito de este en el rumen (Fuller, 2004).

Degradabilidad efectiva: También llamada degradabilidad real, es aquella que su degradabilidad se da en un rango de tiempo normal en la que el rumen trabaja con los alimentos que ingiere (Fuller, 2004).

Degradabilidad potencial: Es la degradabilidad superada el rango de tiempo normal en la que el rumen trabaja con los alimentos que ingiere (Fuller, 2004).

Fistula: Es una conexión anormal entre un órgano, un vaso o el intestino y otra estructura. Generalmente, las fístulas son el producto de lesión o cirugía, pero también pueden resultar de infección o inflamación (Enciclopedia Cirugía Digestiva, 2014).

In Situ: Es una expresión latina que significa en el sitio o en el lugar y que es generalmente utilizada para designar un fenómeno observado en el lugar, o una manipulación realizada en el lugar (Fuller, 2004).

Incubación: tiempo que dura el proceso anterior (Diccionario de la Lengua Española, 2005)

Toro: Se trata de un ejemplar adulto y macho que pertenece al grupo de los bóvidos. Se caracteriza por su cuerpo robusto, cubierto de pelo corto y por sus cuernos (Diccionario de la Lengua Española, 2005)

Rumen: Primera de las cuatro cavidades que forman el estómago de los rumiantes (Diccionario de la Lengua Española, 2005).

2.5. Hipótesis

Hipótesis general:

Hipótesis nula Ho:

No existe influencia significativa de los tiempos de cosecha sobre la composición química y degradabilidad *In situ* del hidroforraje de cebada en toros

Hipótesis alterna Ha:

Existe influencia significativa de los tiempos de cosecha sobre la composición química y degradabilidad *In situ* del hidroforraje de cebada en toros

2.6. Variable

2.6.1. Variable dependiente

A. Composición química:

- Materia seca (%, MS)
- Proteína cruda (%, PC)
- Materia orgánica (%, MO)
- Materia inorgánica (%, MI)
- Fibra Detergente Neutro (%, FDN)

B. Degradabilidad *In situ*

- Degradabilidad potencial.
- Degradabilidad efectiva.

2.6.2. Variables Independientes:

A. Tiempos de cosecha:

- 16, 18, 20 y 22 días

2.7. Operacionalización de variables

Tabla 2

Definición operativa de variables.

Variable		Indicador	Escala
Dependiente	Composición química	Materia seca (MS%) Materia inorgánica (MI%), Materia orgánica (MO%) Proteína cruda (PC%) Fibra detergente neutra (FDN%)	Porcentaje
	Degradabilidad Potencial y efectiva	Tiempos de incubación: 0 horas 6 horas 12 horas 24 horas 48 horas 72 horas	Horas
Independiente	Tiempos de cosecha (TC)	TC_1 = 16 días TC_2= 18 días TC_3= 20 días TC_4= 22 días	Días

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1. Ámbito temporal y espacial

El presente estudio se realizó en el Campus Universitario y en el Laboratorio de nutrición animal y evaluación de alimentos (LUNEA) de la Facultad de Ciencias de Ingeniería de la Universidad Nacional de Huancavelica a 3720 m.s.n.m. La temperatura media anual es de 6 a 14ºC. en comprensión al distrito, provincia, departamento y región de Huancavelica (Castro y Merino, 2020); dando inicio el año 2018 en el mes de setiembre hasta diciembre, y desde enero a marzo; así como también de setiembre a noviembre del año 2019

3.2. Tipo de investigación

Aplicada, ya que tiene por objeto resolver problemas prácticos y de interés social, fundamentado en la investigación básica y busca nuevos conocimientos de aplicaciones prácticas (Lozano, 2011)

3.3. Nivel de investigación

Explicativa, porque el efecto es la variable dependiente ya que depende de lo que ocurra en el tratamiento. El investigador no manipula la variable independiente (tratamiento) que ha ocurrido en el transcurso natural de los eventos (Lozano, 2011)

3.4. Método de investigación

Método científico, es un proceso sistemático por medio del cual se obtiene el conocimiento científico basándose en la observación y la experimentación (Bunge, 1981 citado por Cupani, 2006).

Inductivo: Es un modo de razonar que nos lleva de lo particular a lo general o de una parte a un todo (Hernández, 2012).

3.5. Diseño de investigación

Para evaluar la composición química se utilizó el diseño completamente al azar, de acuerdo al siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = u + A_i + \varepsilon_{ijk}$$

Dónde:

Yijk= Variable dependiente estudiada (composición química)

u = Media general;

Ai= Efecto del factor tiempos de cosecha, para i (16, 18, 20 y 22días)

εijk=Error experimental. Se asume que están normalmente e independientemente distribuidos con una media 0 y variancia σ2e.

Las medias de la composición química fueron comparadas con la prueba de Tukey a 5% de probabilidad.

Para la degradabilidad *In situ*, se adoptó un esquema en parcela sub dividida en el diseño experimental de bloques al azar, en el cual los animales representarán los bloques; los tiempos de cosecha las parcelas; y los tiempos 0, 6, 12, 24, 48, 72 horas de incubación de los tratamientos las sub parcelas. Información sirve para tener conocimiento del efecto de estos factores sobre la MS, PC y FDN, conforme al modelo estadístico siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + A_j + \varepsilon_{ij} + T_k + A \times T_{jk} + \varepsilon_{ijk} \ .$$

Dónde:

Y_{ijk} = se refiere a la observación relativa al tratamiento (j) en combinación con el tiempo (k) en el bloque (i);

μ = la media general;

B_i = efecto del bloque i (animal);

A_j = efecto del nivel j del factor A (tiempos de cosecha);

ε_{ij} = error experimental de la parcela;

T_k = efecto del nivel k del factor T (tiempo de incubación);

$A \times T_{jk}$ = efecto de la interacción del factor A con el factor T;

ε_{ijk} = error experimental relativo a la sub parcela.

Las medias de la composición química fueron comparadas con la prueba de Tukey a 5% de probabilidad.

3.6. Población, muestra y muestreo

Población.

Se utilizó 16 Kg de semillas de cebada (*Hordeum vulgare*) de la variedad INIA 411 San Cristóbal, distribuidas en 32 bandejas; cada bandeja con la siguiente medida (30,5 x 21 x 2 cm).

Muestra.

Se manejó 4 tratamientos (tiempos de cosecha) con 8 repeticiones equivalente a 32 bandejas.

Muestreo.

Se realizó un muestreo no probabilístico del tipo intencional porque seleccionamos directa e intencionadamente los individuos de la población (Lagares y Puerto 2001).

3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.7.1. Técnica para determinar la composición química

- Association of official analitical chemists: para determinar materia seca MS, materia orgánica MO, materia inorgánica MI, y proteína cruda PC (AOAC, 2012).
- Van Soest: para determinar fibra detergente neutra FDN (Van Soest, 1991, citado por Castro y Merino, 2020).

3.7.2. Instrumentos para la composición química

- Ficha de análisis de la materia seca.
- Ficha de análisis de proteína bruta.
- Ficha de análisis de materia orgánica.
- Ficha de análisis de materia inorgánica.
- Ficha de análisis de FDN.

3.7.3. Técnica para determinar la degradabilidad *In situ*

- Método de la bolsa de nylon: para determinar la degradabilidad *In situ*, se utilizaron tres toretes, fistulados a nivel del primer compartimiento (rumen) del estómago. Las bolsitas de nylon con muestras de alimento de 2,5 a 3mm de tamaño, (6g /bolsa), permanecieron en el rumen por siete periodos de incubación: 0, 6, 12, 24, 48, 72 horas. Las bolsas

salieron del rumen al mismo tiempo, es decir, las incubaciones se harán en orden regresivo de los tiempos.

3.7.4. Instrumentos para la determinación de la degradabilidad

- Ficha de análisis de degradabilidad *In situ* de materia seca (MS).
- Ficha de análisis de degradabilidad *In situ* de proteína cruda (PC).
- Ficha de análisis de degradabilidad *In situ* de materia orgánica (MO).
- Ficha de análisis de degradabilidad *In situ* Materia Inorgánica (MI)
- Ficha de análisis de degradabilidad *In situ* de fibra detergente neutra (FDN).

3.8. Técnicas y procesamiento de análisis de datos

3.8.1. A nivel de campo:

- Se realizó el proceso de producción de hidroforraje: primero con la selección y pesado de la semilla en este caso la cebada (*Hordeum vulgare).*
- Luego se realizó el lavado y la desinfección de la semilla con hipoclorito de sodio al 1% (10 ml de lejía diluido en 1l de agua).
- Después se procedió con el remojo; que consiste en sumergir en agua completamente las bolsas de semilla por un tiempo máximo de 24 horas y la germinación de la cebada.
- Se realizó la siembra en las bandejas y posterior el riego 3 veces al día con un pulverizador manual.
- Riego con solución nutritiva (solución hidropónica La Molina A y B) ya cuando brotó las primeras hojas del cultivo.
- Se cosechó los días 16, 18, 20 y 22 esto fue con la recolección directa del hidroforraje de cebada de las bandejas y respectivo pesaje de cada una de ellas.
- Registro del peso de cada una de las bandejas cosechadas.

3.8.2. A nivel de laboratorio:

3.8.2.1. Composición química

Determinación de materia seca:

- Se realizó con la estufa donde se tiene que registrar los datos de los pesos de la muestra del hidroforraje de cebada, después de ser sometidos a altas temperaturas hasta que mantenga un peso constante.

- Cada muestra pasó por un tratamiento en el cual el pasto fue convertido en harina donde, posterior a su pesaje en fresco, se colocó en un horno a una temperatura de 60 ºC durante 48 horas. Es aquí donde el agua se evapora y el alimento seco restante se denomina materia seca a 60ºC.
- En este proceso, se llevó el forraje hasta una temperatura en la cual, si se hubiese mantenido por más tiempo dentro del horno, no hubiese perdido mayor cantidad de agua.
- El mismo procedimiento se repitió, pero para una temperatura mayor, la cual provee el dato porcentual de materia seca a 105 ºC (Chacón, 2008).

Determinación de proteína:

- Previamente a la medición la muestra se homogenizo, molió y seco en estufa.
- Mediante el análisis de N2/proteína por el método de combustión directa DUMAS con un equipo FP-528.
- Se pesaron para el análisis, 100 mg de la muestra seca.
- El ciclo de análisis incluye tres etapas: Purga, combustión y análisis; el resultado final, se expresa como % en peso de N2 o N2/ proteína (AOAC, 2012).

Determinación de materia inorgánica:

- Se analizó de la siguiente manera; se pesó con precisión 1,5 gramos de muestra seca en un crisol previamente pesado.
- Para ello se utilizó la muestra seca obtenida de la determinación de humedad por secado en estufa.
- Luego se colocó el crisol con la muestra en la mufla precalentada a 550 ºC durante 1 hora y se transfirió del crisol al desecador.
- Se dejó enfriar, se pesó inmediatamente y se calculó el porcentaje de cenizas (AOAC, 1995).

Expresión de resultados:

El contenido de cenizas en la muestra seca expresada en porcentaje, es igual a:

$$\% \text{ Cenizas} = 100 \times (P3 - P1) / (P2 - P1)$$

Donde:

P1: Peso del crisol vacío en gramos.

P2: Peso del crisol más la muestra seca en gramos.

P3: Peso del crisol + las cenizas en gramos.

Determinación de fibra detergente neutra:

- Se analizó de la siguiente forma: pesar 0,5 – 1,0 g de muestra secada al aire, molida para pasar por malla de 1mm o su equivalente y se colocó en un vaso de precipitación para el aparto de condensación,
- Se añadió siguiendo el orden 100 ml de la solución detergente neutro fría (a temperatura ambiente), 2 ml de decahidronaftaleno y 0,5g de sulfito de sodio con una espátula calibrada.
- Hirvió de 5 – 10 minutos. Se redujo la temperatura cuando comenzó a hervir a un nivel dado, por 60 minutos.
- Se puso crisoles Gooch previamente tarados en un embudo de filtrado, agitar el vaso de precipitación para suspender los sólidos y llenó el crisol.
- No se dejó ingresar el vacío hasta después que el crisol haya sido llenado.
- Se usó baja presión de vació al comienzo e incrementarlo luego.
- Enjuagó el crisol con un mínimo de agua caliente, filtrar el líquido y repetir el procedimiento de lavado, lavar dos veces con acetona del mismo modo y sacar succionando.
- Secó los crisoles a 100º C, por 8 horas a toda la noche y pesar.
- Reportamos los rendimientos de la fibra detergente neutro recuperada como porcentaje de constituyentes de la pared celular.
- Estimó el material celular soluble (contenido celular) por sustracción de este valor de 100º C y se pesó. Calcinó los residuos en el crisol por 3 horas a 500 – 550 y se pesó. Reportar el contenido de cenizas como ceniza insoluble en detergente neutro.

3.8.3. Degradabilidad *In situ*

Para el estudio de la degradabilidad *In situ* de la Materia Seca (DISMS), fibra detergente neutro (DISFDN), se utilizó tres toretes, fistulados a nivel del primer compartimiento (rumen) del estómago; y bolsas de nylon de 10 x 5 cm. con tamaño de poro 50±10 micras. Las bolsitas de nylon con muestras de alimento de 2.5 a 3mm de tamaño, (6g /bolsa), permanecieron en el rumen por siete periodos de incubación: 0, 6, 12, 24, 48, 72 horas.

Cada tiempo y material se medió por duplicado. Las bolsas salieron del rumen al mismo tiempo, es decir, las incubaciones se hicieron en orden regresivo de tiempos.

Se sacó las bolsas para ser lavadas en agua fría hasta que el afluente este claro. Las bolsitas lavadas se pusieron a secar en estufa de aire forzado a 65ºC por 48 horas. Las muestras testigo, se introdujeron en agua destilada a 39°C por 5 minutos, para determinar la solubilidad al tiempo cero.

La degradabilidad *In situ* se determinó como el porcentaje que desaparece de MS, PC, FDN, MI y PC de las bolsas, utilizando la siguiente ecuación.

$$\text{DIS (\%)} = \frac{\text{((Peso bolsa (g) + Peso muestra residual (g)) Peso bolsa (g))} * 100}{\text{Peso de la muestra (g)}}$$

Para la obtención de la degradabilidad de la MS, PC, FDN, MI y PC los datos obtenidos fueron ajustados a la ecuación exponencial de (Orskov y Mc Donald, 1979):

$$D = A + B\,(1 - e^{-(ct)});$$

Dónde:

A = es el porcentaje de nutrientes solubles a las 0 horas.

A+B =es el porcentaje de nutriente degradado en el tiempo t horas.

t = es el tiempo de permanencia en el rumen.

c= es la velocidad de degradación.

El Cálculo de la degradabilidad efectiva, fue de acuerdo a la siguiente ecuación.

$$\mathbf{De = A + B \times c/(c + k);}$$

Dónde:

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

3.8.4. Técnicas y procesamiento de análisis de datos.

Los datos obtenidos de cada bandeja se ordenaron y clasificaron usando el programa Microsoft Excel 2016, para el análisis de la composición química se utilizó diseño completamente al azar con 4 tratamientos y 8 repeticiones. Para la degradabilidad *in situ*, se adoptó un esquema en parcela sub dividida en el diseño experimental de bloques al azar, en el cual los toros representan los bloques; los tiempos de cosecha las parcelas; y los tiempos 0, 6, 12, 24, 48, 72 horas de incubación de los tratamientos las sub parcelas; y el software estadístico *Statistical Analysys System* (SAS) versión 9.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Presentación de resultados

4.1.1. Composición química: proteína cruda (PC), fibra detergente neutra (FDN), materia seca (MS), materia orgánica (MO) y materia inorgánica (MI) del hidroforraje de cebada.

Tabla 3

Resumen general del análisis de varianza de la Composición química en mención de materia seca (MS), Materia Inorgánica (MI), materia orgánica (MO), proteína cruda (PC) y fibra detergente neutra (FDN) del hidroforraje de la cebada cosechada a los 16,18, 20 y 22 días.

Fuente	GL	Cuadrado de la media				
		MS (%)	MI (%MS)	MO (%MS)	PC (%MS)	FDN (%MS)
Tiempos de cosecha	43	17,06**	0,095^{NS}	0,095^{NS}	2,70***	5,51*
Error	28	2,49	0,10	0,10	0,19	1,00
Total	71					
R-cuadrado (%)		42,36	9,08		60,92	37,07
C.V.		9,61	0,32	0,33	2,99	3,11

NS: no significativo; *, **; ***: significativo para 0,05; 0,01; 0,001.

Los tiempos de cosecha (16, 18, 20 y 22) presentaron una diferencia significativa (P<0,05) en la composición de MS, PC y FDN de hidroforraje de la cebada. Mientras tanto no se observó una diferencia significativa (P>0,05) en la composición de MI de hidroforraje de la cebada.

Tabla 4

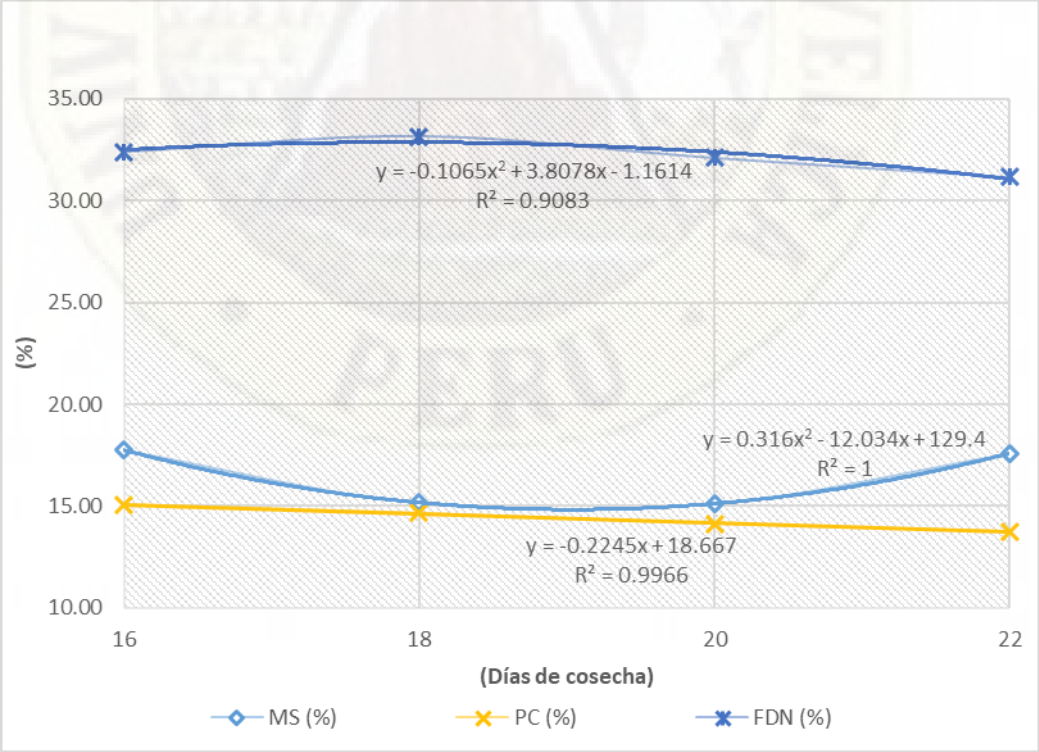
Media de la composición química en mención de la materia seca (MS), Materia Inorgánica (MI), materia orgánica (MO), proteína cruda (PC) y fibra detergente neutra (FDN) del hidroforraje de la cebada cosechada a los 16,18, 20 y 22 días.

	Media de la composición química				
DIAS DE COSECHA	MS (%)	MI (%MS)	MO (%MS)	PC (%MS)	FDN (%MS)
16	17,75^{a}±1,93	4,05^{a}±0.51	95,95a+0,51	15,07^{a}±0,35	32,40^{ab}±1,40
18	15,16^{b}±1,53	4,27^{a}±0,37	95,73a+0,37	14,66a^{b}±0,50	33,16^{a}±0,88
20	15,13^{b}±0,90	4,10^{a}±0,09	95,91a+0,09	14,13b^{c}±0,46	32,10^{ab}±0,96
22	17,59^{a}±1,75	4,02^{a}±0,12	95,98a+0,12	13,75^{c}±0,41	31,16^{b}±0,59

Nota. Fuente: Elaboración propia.
Medidas seguidas por letras minúscula diferentes en una misma columna diferentes entre sí, por la prueba de Tukey a 5% de probabilidad.

Figura 1

Presentación de la media de materia seca (%MS), proteína cruda (%PC) y fibra detergente neutra (%FDN), en hidroforraje de cebada cosechadas a los 16, 18, 20 y 22 días.



4.1.2. Degradabilidad *In situ* de la materia seca (DMS) y proteína cruda (DPC) del hidroforraje de cebada, cosechada a los 16, 18, 20 y 22 días.

La degradabilidad *in situ* de la materia seca (DMS) y proteína cruda (DPC) presento una diferencia significativa (p<0,05) entre los días de cosecha (16, 18, 20 y 22 días) y tiempos incubación (0, 6, 12, 24, 48 y 72 horas) en hidroforraje de cebada del presente trabajo (Tabla 5),

Tabla 5

Resumen general del análisis de varianza de la degradabilidad In situ de la materia seca (MS) y proteína cruda (PC) del hidroforraje de la cebada cosechada a los 16,18, 20 y 22 días.

Fuente	GL	Cuadrado de la media (cebada)	
		MS (%)	PC (%MS)
Animal	2	14,730^{NS}	4,2488^{NS}
Días de cosecha (N)	3	61,710***	155,8526***
Tiempo (T)	5	350,012***	318,8751***
Interacción (N)*(T)	15	1,850 ^{NS}	0,9341 ^{NS}
Error	46	6,356	3,0364
Total	71		
R-cuadrado		97,67	93,72
C.V.		3,79	2,56

NS: no significativo; *, **; ***: significativo para 0,05; 0,01; 0,001.

La degradabilidad *In situ* de la materia seca (DMS) y de la proteína cruda (%DPC), no tuvo diferencias significativas (p>0,05) los tiempos de cosecha por cada tiempo de incubación.

Los tiempos de incubación (0, 6, 12, 24, 48 y 72 horas) alcanzó su máximo % de degradación significativa (p<0,05) de la materia seca (%DMS) a los; 24 horas (68,27%) en 16 días de cosecha, 48 horas (70,80%) en 18 días de cosecha, 12 horas (62,55%) en 20 días de cosecha y 72 horas (70,30%) en 22 días de cosecha (Tabla 6). Asi alcanzando una estabilidad significativa en la degradación de materia seca (%DMS) del hidroforraje de la cebada (figura 1).

Tabla 6

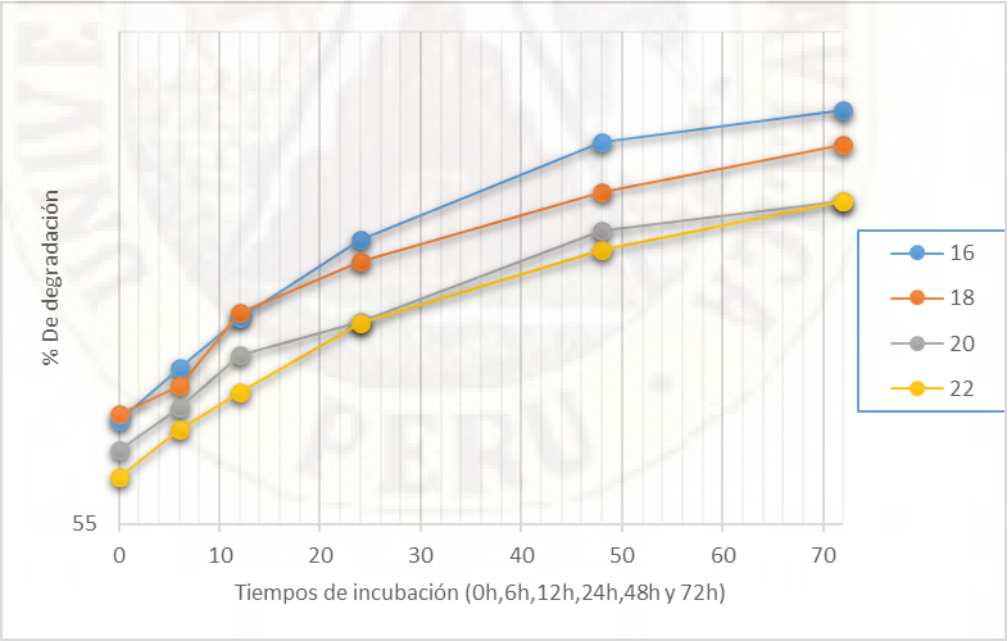
Porcentaje de la degradabilidad In situ de la materia seca (%DMS) del hidroforraje de la cebada cosechada a los 16,18, 20 y 22 días.

Tiempo de incubación (h)	Hidroforraje de cebada (DMS)			
	Tiempos de cosecha (días)			
	16	18	20	22
0	59,51[c]	59,82[c]	58,19[c]	56,99[e]
6	61,96[c]	61,12[c]	60,11[bc]	59,11[d]
12	64,36[bc]	64,60[b]	62,55[abc]	60,83[d]
24	68,27[abc]	67,20[b]	64,19[abc]	64,09[c]
48	73,58[ab]	70,80[a]	68,74[ab]	67,75[b]
72	75,38[a]	73,38[a]	70,32[a]	70,30[a]

Medidas seguidas por letras minúscula diferentes en una misma columna diferentes entre sí, por la prueba de Tukey a 5% de probabilidad.

Figura 2

Degradabilidad In situ de la materia seca (DMS) del hidroforraje de la cebada cosechada a los 16,18, 20 y 22 días, según el modelo matemático de Ørskov y McDonald



Los tiempos de incubación (0, 6, 12, 24, 48 y 72 horas) alcanzó su máximo % de degradación significativa ($p<0,05$) de la proteína cruda (%DPC) a las 48 horas (73,99%), (74,72%), (69,05%) y (70,30%) en 16, 18, 20 y 22 días de cosecha respectivamente (Tabla 7). Así alcanzando una estabilidad significativa a

las 48 horas de incubación en la degradación de la proteína cruda (%DPC) del hidroforraje de la cebada (figura 2).

Tabla 7

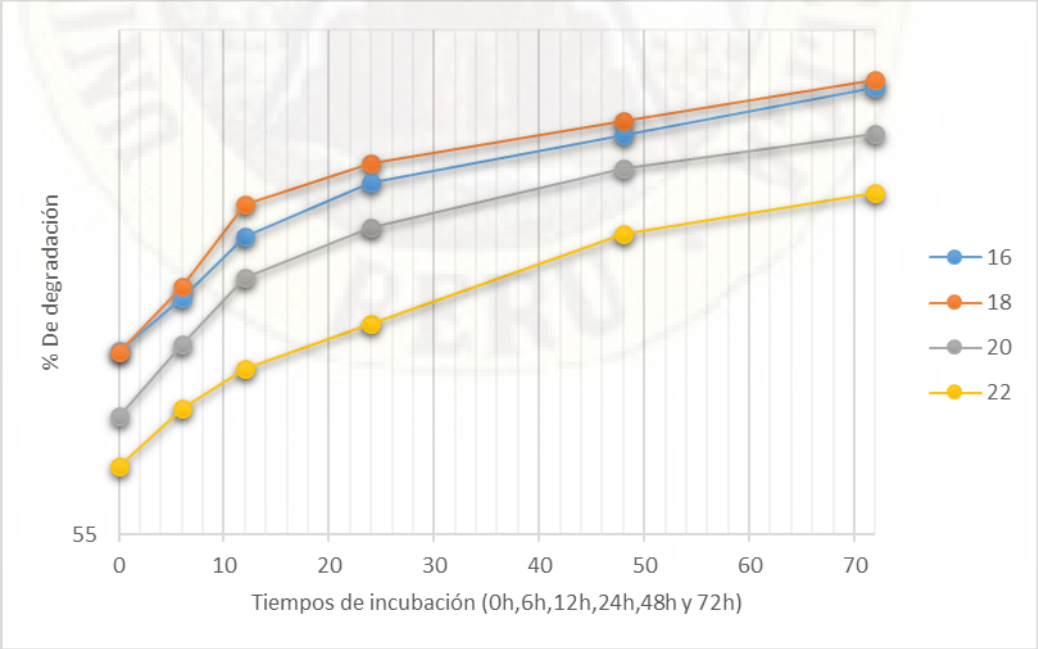
Porcentaje de la degradabilidad In situ de la proteína cruda (DPC), del hidroforraje de la cebada cosechada a los 16,18, 20 y 22 días.

Tiempo de incubación (h)	Residuo de cebada (PC)			
	Tiempos de cosecha (días)			
	16	18	20	22
0	63,047^{e}	62,971^{e}	60,082^{d}	57,852^{d}
6	65,531^{de}	66,102^{de}	63,364^{dc}	60,393^{c}
12	68,615^{dc}	70,290^{dc}	66,562^{bcd}	62,190^{cb}
24	71,413^{bc}	72,418^{bc}	69,050^{abc}	64,337^{b}
48	73,999^{ab}	74,728^{ab}	72,146^{ba}	68,735^{a}
72	76,629^{a}	77,060^{a}	74,055^{a}	70,848^{a}

Medidas seguidas por letras minúscula diferentes en una misma columna diferentes entre sí, por la prueba de Tukey a 5% de probabilidad.

Figura 3

Degradabilidad In situ de la proteína cruda (DPC) del hidroforraje de la cebada cosechada a los 16,18, 20 y 22 días, según el modelo matemático de Ørskov y McDonald



4.1.3. Determinar la degradabilidad potencial (DP) en toros del hidroforraje de cebada cosechada a los 16, 18, 20 y 22 días.

La degradabilidad potencial (DP) de hidroforraje de cebada, presento una diferencia significativa (p<0,05) para los tiempos de cosecha (16, 18, 20 y 22 días) en la degradabilidad potencial de materia seca (DPMS) y degradabilidad potencial de proteína cruda (DPPC) (Tabla 8).

Tabla 8

Resumen general del análisis de varianza de la degradabilidad potencial de la materia seca (DPMS) y proteína cruda (DPPC).

Fuente	GL	Cuadrado de la media	
		DPMS (%)	DPPC (%MS)
Animal	2	80,56***	4,2488^{NS}
Días de cosecha (N)	3	117,34***	155,8526***
Tiempo (T)	5	0,0 ^{NS}	318,8751***
Interacción (N)*(T)	15	0,0^{NS}	0,9341 ^{NS}
Error	46	5,05	3,0364
Total	71		
R-cuadrado		68,89	93,72
C.V.		2,97	2,56

NS: no significativo; *, **; ***: significativo para 0,05; 0,01; 0,001.

El %DPMS (79,01%) fue significativamente superior a los 16 días de cosecha, además de observarse que a los 20 y 22 días el %DPMS son similares (Tabla 9).

4.1.4. Determinar la degradabilidad efectiva del hidroforraje de cebada en toros cosechada a los 16, 18, 20 y 22 días.

La degradabilidad efectiva de materia seca (%DEMS), a los 16 y 18 días de cosecha fueron superiores significativamente (p<0,05) en comparación a 20 y 22 días de cosecha (Figura 3) para las tasas de pasaje 2%h, 5%h y 8%h (Tabla 9).

Tabla 9

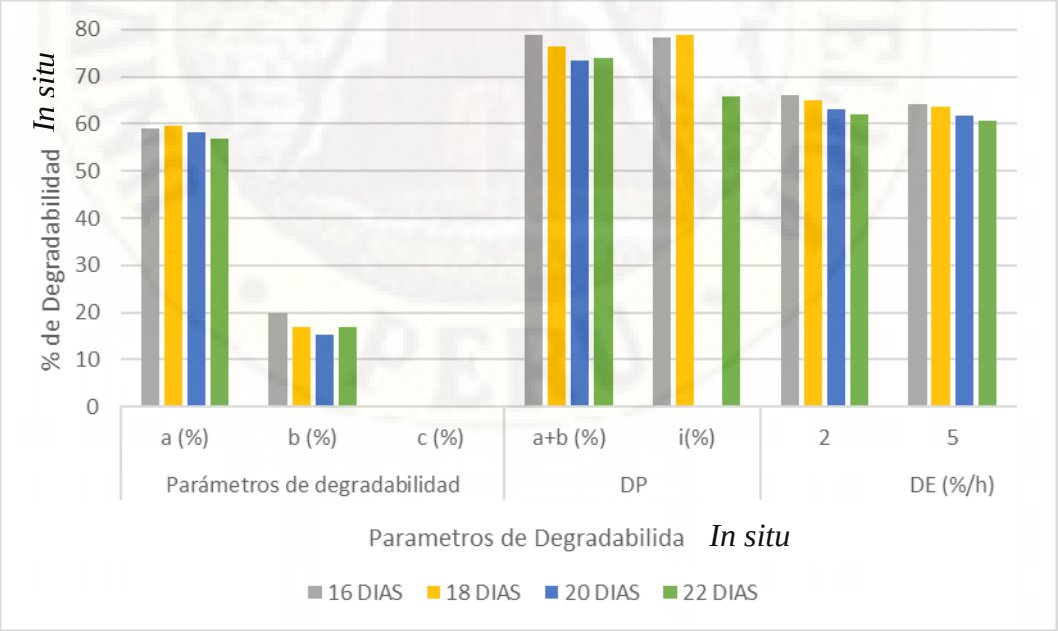
Media de la degradabilidad general de los parámetros de degradación ruminal In situ de la materia seca (MS) del hidroforraje de la cebada cosechada a los 16,18, 20 y 22 días.

Días de cosecha (%)	DG	Parámetros			DPMS (%)	DEMS (%)		
		a (%)	b (%)	c (%)	a+b	2%h	5%h	8%h
16	67,18[a]	59,14[ab]	19,87[a]	0,03[a]	79,01[a]	78,28[a]	65,99[a]	64,11[a]
18	66,15[ab]	59,54[a]	16,79[b]	0,03[a]	76,32[b]	78,76[a]	65,14[a]	63,58[a]
20	64,02[bc]	58,16[b]	15,28[b]	0,03[a]	73,44[c]	66,36[b]	63,10[b]	61,71[b]
22	63,18[c]	56,95[c]	16,98[b]	0,02[a]	73,94[c]	65,77[b]	62,14[b]	60,64[b]

a (%) = Fracción soluble b (%) = Lentamente degradable c (%) = Tasa constante de degradación de fracción insoluble DPMS (%) = Degradabilidad potencial de materia seca (a+b) DEMS (%/h) = Degradabilidad efectiva de materia Seca 2, 5 y 8.
Medidas seguidas por letras minúscula diferentes en una misma columna diferentes entre sí, por la prueba de Tukey a 5% de probabilidad.

Figura 4

Media de cinética de degradabilidad in situ de materia seca (%DMS) de hidroforraje de cebada cosechadas a los 16, 18, 20 y 22 días.



La degradabilidad efectiva de proteína cruda (%DEPC), a los 16 y 18 días de cosecha (figura 4) fueron superiores significativamente ($p<0.05$) para las tasas de pasaje 2%h, 5%h y 8%h (Tabla 10).

Tabla 10

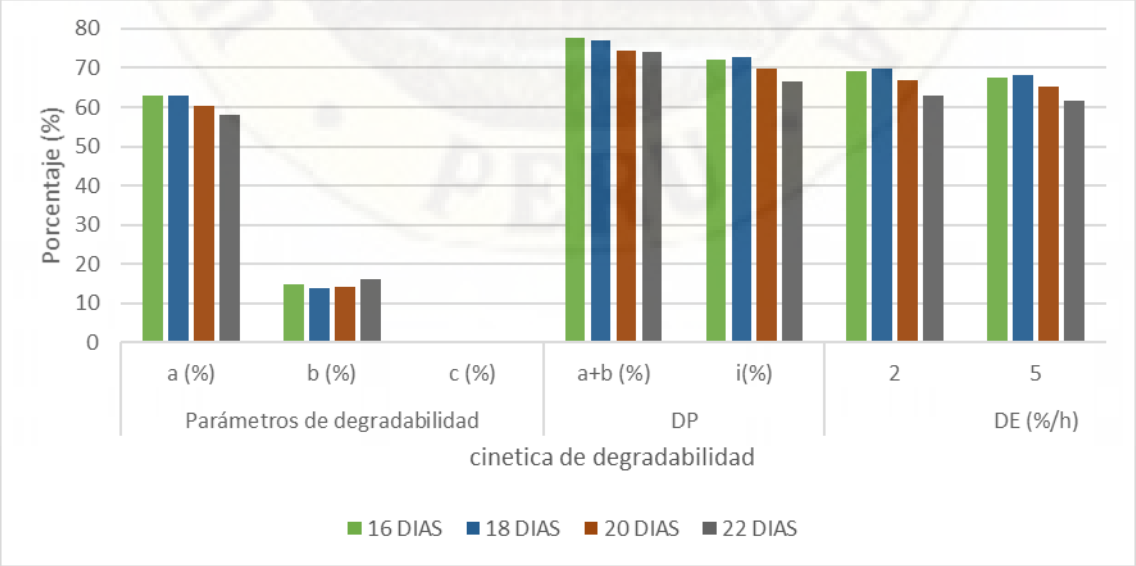
Media de la degradabilidad general de los parámetros de degradación ruminal In situ de la proteína cruda (PC) del hidroforraje de la cebada cosechada a los 16,18, 20 y 22 días.

Días de cosecha (%)	DG	Parámetros			DPPC (%)	DEPC (%)		
		a (%)	b (%)	c (%)	a+b	2%h	5%h	8%h
16	69,87[a]	63,03[a]	14,80[ab]	0,04[b]	77,84[a]	72,25[a]	69,04[a]	67,51[a]
18	70,60[a]	62,98[a]	13,99[b]	0,05[a]	76,98[a]	72,90[a]	69,94[a]	68,35[a]
20	67,54[b]	60,22[b]	14,13[b]	0,04[ab]	74,35[b]	69,88[b]	66,78[b]	65,19[b]
22	64,06[c]	57,98[c]	16,08[a]	0,03[c]	74,06[b]	66,49[c]	63,06[c]	61,62[c]

a (%) = Fracción soluble b (%) = Lentamente degradable c (%) = Tasa constante de degradación de fracción insoluble DPMS (%) = Degradabilidad potencial de materia seca (a+b) DEMS (%/h) = Degradabilidad efectiva de materia Seca 2, 5 y 8.
Medidas seguidas por letras minúscula diferentes en una misma columna diferentes entre sí, por la prueba de Tukey a 5% de probabilidad.

Figura 5

Media de cinética de degradabilidad in situ de proteína cruda (%DPC) de hidroforraje de cebada cosechadas a los 16, 18, 20 y 22 días.



4.2. DISCUCIONES

4.2.1. Composición química: proteína cruda (PC), fibra detergente neutra (FDN) y materia inorgánica (MI) del hidroforraje de cebada.

Se observó que la cosecha a los 16 días, fue superior significativamente (P<0,05) en la composición de MS (17,75%), PC (15,07%), y FDN (32,40%),

El 15.13% de MS fue inferior a 18.15% de MS reportado por Contreras et al. (2015), al cosechar a los 20 días de forraje verde hidropónico de cebada solo. Esta diferencia se debió al uso de una solución nutritiva en proceso de riego por parte de Contreras et al. (2015).

La composición de PC (15,07%±0,35) observado a los 16 días fue inferior a 16,98 % (PC) reportado por Carhuapoma, et al. (2014), cosechados a los 16 días, regadas con efluente de biofiltro. esta diferencia fue por el efluente usado para riego ya que el riego del presente trabajo fue con agua potable.

La PC (14,13%±0,46) observado a los 20 días fue superior a 10,31% (PC) observado por Contreras et al. (2015).

4.2.2. Determinar la degradabilidad potencial (DP) en toros del hidroforraje de cebada cosechada a los 16, 18, 20 y 22 días.

El %DPMS (79,01) observado a los 16 días de cosecha, fue superior a 66.8% reportado por Herrera, et al., (2010), quienes hicieron trabajaron en degradabilidad en hidroponía de trigo en la zona trópica de Venezuela. Además de encontrar este mismo dato encontrado (79,01% de DPMS) fue inferior a los reportes de Ortiz, et al., (2019) quienes hicieron degradabilidad in vitro de hidroponía de avena (*Avena sativa*).

La fracción soluble (a) del %DPMS fueron superiores significativamente (p<0,05) a los 16 (59.14%) y 18 (59,54%) días de cosecha del hidroforraje de cebada, estos datos fueron inferior significativamente a 69% (a) reportado por Herrera, et al., (2010) y similar a 58,41% (a) encontrado por Ortiz, et al., (2019). Estas diferencias se deben a los estadios de cosecha y las especies usadas en los trabajos.

La fracción lentamente degradable (b) del %DPMS observado a los 16 días (19,87%) de cosecha fue superior significativamente, respecto a los 18, 20 y 22 días de cosecha. Además de mencionar que fue similar a 24,80% (a) y 23.2% (a) reportado por Ortiz, et al., (2019) y Herrera, et al., (2010), respectivamente.

El %DPPC (77,84% y 76,98%) a los 16 y 18 días de cosecha son similares significativamente y superiores al resto de los tiempos de cosecha (Tabla 10).

El %DPPC (77,84) encontrado en el presente trabajo, fue; similar a 76,0% de DPPC encontrado por Herrera, et al., (2010) e inferior a 96,03% reportado por Ortiz, et al., (2019). Estas diferencias de debió por la diferencia animales y las especies de forrajes de trabajo, usados en cada trabajo de los autores.

La fracción degradable (a) del %DPPC superior se observó a los 16 días (63,03%) y 18 días (62,98%), además de ser similares a 67,7 % (a) reportado por Herrera, et al., (2010).

La fracción lentamente degradable (b) del %DPPC encontrado a los 16 días (14,80%) y 22 días (16,08%) fueron superiores respecto a los 18 y 20 días de cosecha. Además de ser inferiores a los reportes de Herrera, et al., (2010), debido a los trabajos en diferentes especies y estadios fisiológicos de cosecha.

4.2.3. Determinar la degradabilidad efectiva del hidroforraje de cebada en toros cosechada a los 16, 18, 20 y 22 días.

El %DEMS a los 16 días de cosecha paras las tasas de pasaje 2%h (78,28%),5% (65,99%) y 8%h (64,11%) fueron similares a 2%h (72,7%), 5%h (67,3%) y 8% (64,8%) reportado por Ortiz, et al., (2019) en %DEMS en hidroponía de avena sativa.

Asimismo, el %DEPC a los 16 días de cosecha paras las tasas de pasaje 2%h (72,25%), 5% (69,04%) y 8%h (67,51%) fueron similares a 2%h (72,8%), 5%h (67,2%) y 8% (64,7%) reportado por Ortiz, et al., (2019) en %DEPC en hidroponía de avena sativa.

4.3. PROCESO DE PRUEBA DE HIPÓTESIS

4.3.1 Planteamiento del sistema de hipótesis

Ho: No existe influencia significativa de los diferentes tiempos de cosecha sobre la composición química: materia seca, proteína cruda, materia orgánica, materia inorgánica y fibra detergente neutra en hidroforraje de cebada.

Ha: Existe influencia significativa de los diferentes tiempos de cosecha sobre la composición química: materia seca, proteína cruda, materia orgánica, materia inorgánica y fibra detergente neutra en hidroforraje de cebada.

Establecer el nivel de significancia

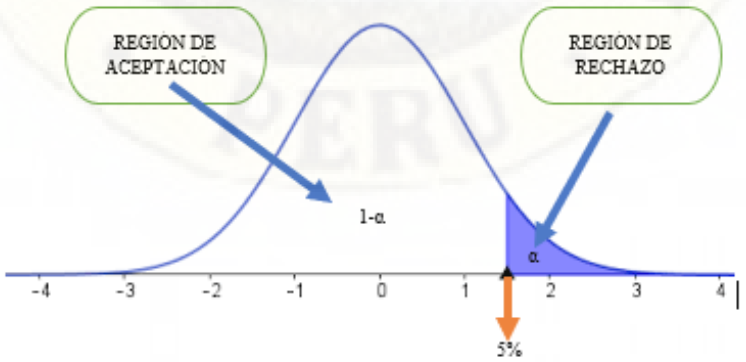
Para el presente estudio se consideró un error de 5 %; es decir $\alpha = 0{,}05$, y con un nivel de confianza de 95 %, es decir con $1 - \alpha = 0{,}95$,

Elegir el estadístico de prueba

Para el presente estudio se trabajó con el análisis de varianza con un factor ANOVA. El estadístico de prueba utilizado fue el "Análisis de varianza que es una prueba estadística para analizar si más de dos grupos difieren significativamente entre sí en cuanto a sus medias y varianzas" (Sampieri, 2010).

Grafica 6

Grafica del valor crítico y el valor de Fisher.



Estimación de p-valor

A través de análisis de varianza se estimaron los valores de p-valor de la composición química (Materia seca, Materia inorgánica, materia orgánica, proteína cruda y fibra detergente neutra) de hidroforraje de cebada las cuales se detalla en la siguiente tabla,

Tabla 11

Análisis de varianza para la composición química.

FUENTE	DF	p-valor				
		MS	MM	MO	PC	FDN
Tiempo	3	0,0013	0,4382	0,4382	0,0001	0,0042

F pruebas de Fisher, ***: significativo, ns: no significativo

Decisión estadística

Realizando el cálculo respectivo se determinó que el p-valor de materia seca (0,0013), proteína cruda (0,0001) y fibra detergente neutra (0,0042) es menor a nivel de significancia de 5% (α=0,05), por tanto, se rechaza la hipótesis nula (Ho) y se acepta la hipótesis alterna (Ha) para estas variables, Por otro lado, el p-valor de materia mineral y materia orgánica fue de 0,4382 para ambos, siendo esta superior al nivel de significancia de 5% (α=0,05), por tanto, se rechaza la hipótesis alterna (Ha) y se acepta la hipótesis nula (Ho) para estas variables.

4.3.2 Planteamiento del sistema de hipótesis

Ho: No existe influencia significativa de los tiempos de cosecha sobre la degradabilidad potencial del hidroforraje de cebada en toros.

Ha: Existe influencia significativa de los tiempos de cosecha sobre la degradabilidad potencial del hidroforraje de cebada en toros.

Establecer el nivel de significancia

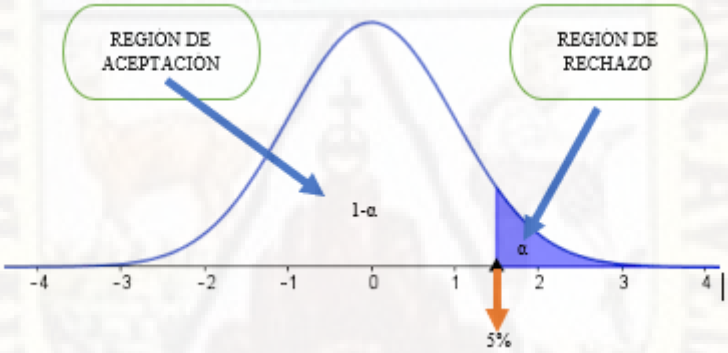
Para el presente estudio se consideró un error de 5 %; es decir α = 0,05, y con un nivel de confianza de 95 %, es decir con 1 – α = 0,95.

Elegir el estadístico de prueba

Para el presente estudio se trabajó con el análisis de varianza con multivariado ANOVA. El estadístico de prueba utilizado fue el "Análisis de varianza que es una prueba estadística para analizar si más de dos grupos difieren significativamente entre sí en cuanto a sus medias y varianzas" (Sampieri, 2010).

Grafico 7

Grafica del valor crítico y el valor de Fisher.



Estimación de p-valor

Tabla 12

Estimación de p-valor de degradabilidad potencial In situ de materia seca.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	25	1992,345283	79,693811	13,08	<,0001
Error	46	280,249428	6,092379		
Total, corregido	71	2272,594710			

F pruebas de Fisher, ***: significativo, ns: no significativo

Tabla 13

Estimación de p-valor de degradabilidad potencial In situ de proteína cruda.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	25	2084,444392	83,377776	27,46	<,0001
Error	46	139,677206	3,036461		
Total, corregido	71	2224,121598			

F pruebas de Fisher, ***: significativo, ns: no significativo

Decisión estadística

De acuerdo a la estimación de p-valor (p > 00,5) de la degradabilidad potencial *In situ* del hidroforraje de cebada, fue de 0,0001 para la variable, siendo esta inferior al nivel de significancia de 5% (α=0.05), por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (Ho) y se acepta la hipótesis alterna (Ha) para esta variable.

4.3.3 Planteamiento del sistema de hipótesis

Ho: No existe influencia significativa de los tiempos de cosecha sobre la degradabilidad efectiva del hidroforraje de cebada en toros.

Ha: Existe influencia significativa de los tiempos de cosecha sobre la degradabilidad efectiva del hidroforraje de cebada en toros.

Establecer el nivel de significancia

Para el presente estudio se consideró un error de 5 %; es decir α = 0,05, y con un nivel de confianza de 95 %, es decir con 1 – α = 0,95,

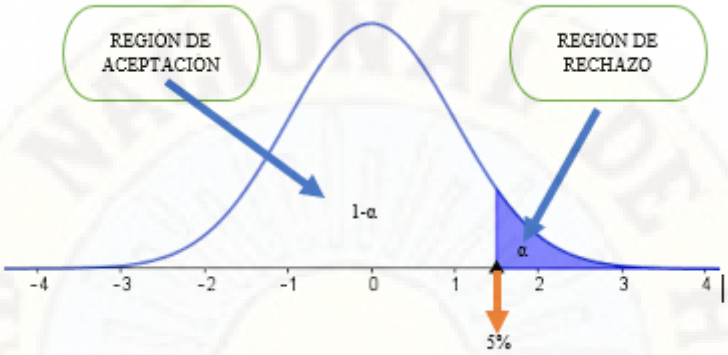
Elegir el estadístico de prueba

Para el presente estudio se trabajó con el análisis de varianza con multivariado ANOVA. El estadístico de prueba utilizado fue el "Análisis de varianza que es una prueba estadística para analizar si más de dos grupos

difieren significativamente entre sí en cuanto a sus medias y varianzas" (Sampieri, 2010).

Grafico 8

Grafica del valor crítico y el valor de Fisher.



Estimación de p-valor

Tabla 14

Estimación de p-valor de degradabilidad efectiva In situ de materia seca.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	25	1992,345283	79,693811	13,08	<,0001
Error	46	280,249428	6,092379		
Total, corregido	71	2272,594710			

F pruebas de Fisher, ***: significativo, ns: no significativo

Tabla 15

Estimación de p-valor de degradabilidad efectiva In situ de proteína cruda.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	25	2084,444392	83,377776	27,46	<,0001
Error	46	139,677206	3,036461		
Total, corregido	71	2224,121598			

F pruebas de Fisher, ***: significativo, ns: no significativo

Decisión estadística

De acuerdo a la estimación de p-valor (p > 00,5) de la degradabilidad efectiva *In situ* del hidroforraje de cebada, fue de 0,0001 para la variable, siendo esta inferior al nivel de significancia de 5% (α=0.05), por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (Ho) y se acepta la hipótesis alterna (Ha) para esta variable.

CONCLUSIONES

1. Se determinó que los tiempos de cosecha (16, 18, 20 y 22 días) del hidroforraje de cebada, influye ($p<0,05$) en la materia seca (MS%), proteína cruda (PC%) y fibra detergente neutra (FDN%), de manera contraria en la composición de materia inorgánica (MI%) y materia orgánica (MO%), no influye ($p>0,05$) los días de cosecha.

2. Se evidencia que los tiempos de cosecha en la degradabilidad potencial ruminal *"in situ"* del hidroforraje de la cebada, influye ($p<0,05$) en la degradabilidad de materia seca (MS%) y proteína cruda (PC%), de manera que la mayor degradabilidad potencial significativa ($p<0,05$) se da a los 16 días en materia seca (MS%) y entre los 16 - 18 días en la proteína cruda (PC%)

3. Se encontró que la degradabilidad efectiva ruminal *"in situ"* del hidroforraje de la cebada influye ($p<0,05$) en la materia seca (MS%) y proteína cruda (PC%), es así que la mayor degradabilidad efectiva se obtiene a los 16 y 18 días de cosecha, al 2%/h de tasa de pasaje de degradación efectiva.

RECOMENDACIONES

- Por el comportamiento de la composición química; en la materia seca (MS), proteína cruda (PC) y fibra detergente neutra (FDN), del hidroforraje de cebada, se recomienda la utilización de 16 y 18 días como tiempos de cosecha, con la finalidad de mejorar la alimentación en ganado vacuno.

- Se recomienda la cosecha del hidroforraje de cebada a los 16 y 18 días ya que permite aprovechar la mayor degradabilidad de la materia seca (MS) y proteína cruda(PC) para beneficiar la mejor nutrición en ganado vacuno.

- Se recomienda realizar más trabajos de investigación de hidroforraje, con otros componentes como el trigo, la avena entre otros. considerando diferentes ganados de producción de la región.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amorim, C., De Resende, T., Medeiros, N., De Almeida, D., & Campos, J A. *Composición bromatológica y degradabilidadIn situde la parte aérea de la planta de maíz,* producida por hidroponía. XXVI Jornadas Científicas y V Internacionales de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia. Sevilla, España, p.519-523.

AOAC. *Official Methods of Analysis.* DécimaEdición. Washington: Association of Official Agricultural Chemists.

Aquino L. *Influence on milk protein % of iso-caloric infusions of glucose in the rumen or propionate and acetate in the duodenum of cows fed dry-rolled sorghum*. PhD dissertation. The University of Arizona.

Araiza-Rosales, E.; Delgado-Licon, E.; Carrete-Carreón, F. O.; Medrano-Roldán, H.; Solís-Soto, A.; Murillo-Ortiz, M.; Haubi-Segura, C. *Degradabilidad ruminal in situ y digestibilidad In vitro de diferentes formulaciones de ensilados de maíz-manzana adicionados con melaza Avances en Investigación Agropecuaria*, vol. 17, núm. 2, p. 79-96 Universidad de Colima, México

Araújo SA, Maldonado VH, Coelho da Silva JF, Deminicis BB, Campos P, Lista F. *Degrada«ão ruminal e estimativa de consumo de genotipos de capim-elefante añao.* Rev Bras Zootec 39: 18-24. doi: 10.1590/S1516-35982- 010000100003

Ayala,J., Rosado. M., Capetillo, M., Sandova,l A . *Evaluación del método de lavado de bolsas (manual vs lavadora) en la técnica de degradación In situ.*TecPec Méx. 41: p. 337-342.

Barreto, E, L. *"Nutrición y Alimentación Animal".* Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD, Bogotá.Blas, C., González, G., Argamenteria, A. 1987. Nutrición y alimentación del ganado. Mundi-Prensa. Madrid.

Calles, D. *Evaluación de la producción y calidad de forraje verde hidropónico (F.V.H) de cebada con la utilización de diferentes niveles de azufre y su*

respuesta en ganado lechero. Tesis. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Ecuador.

Candia, L. *Evaluación de la Calidad Nutritiva de Forraje Verde de Cebada Hordeum vulgare Hidropónico, fertilizado con soluciones de guano de Cuy Cavia porcellus a dos concentraciones.* Salud tecnol. vet. (2).p. 55-62.

Campos MM, Borges ALCC, Lopes FCF, Pancoti CG, Reis e Silva R. *Degradabilidade In situ da cana-deaçucar tratada ou não com óxido de calico, em novilhas leiteiras Holandês x Gir*. Arq Bras Med Vet Zootes 63: 1487-1492. doi: 10.1590/S0102-09352011- 000600028

Carhuapoma, W., Curi, G., Chávez, E., Contreras, J.L. *Producción de Forraje Verde Hidropónico de Cebada (Hordeum vulgare) Usando Efluente de Piscigranja de Truchas Universidad Nacional de Huancavelica, Facultad de Ciencias de Ingeniería.* Ciudad Universitaria de Paturpampa, Huancavelica, Perú. Laboratorio de Biotecnología Molecular -Facultad de Ciencias de Ingeniería UNH.

Carrasco, I. *Utilización de la cebada (Hordeum vulgare) germinada en la alimentación de cuyes machos en crecimiento y engorde (No. L02 C37-T). Universidad Nacional Agraria La Molina*, Lima (Perú). Facultad de Zootecnia. Departamento de Producción Animal.Cerrillo, M., Juárez, S., Rivera, A., Guerrero, M., Ramírez, L., 2012. Producción de biomasa y valor nutricional del forraje verde hidropónico de trigo y avena Caracas, Venezuela Interciencia, vol. 37, núm. pp. 906-913 Asociación Interciencia.

Castro, E., y Merino F. *Efecto de diferentes niveles de urea sobre la degradabilidad ruminal "in situ" del ensilado de residuos de cosecha*. Tesis Ing. Zootecnista, Universidad Nacional de Huancavelica – Perú.

Ccente, F., y Cornejo N.F. *Influencia de diferentes concentraciones de biol y tiempo de cosecha en la composición química y producción de cebada hidropónica.* Tesis Ing. Zootecnista, Universidad Nacional de Huancavelica – Perú.

Cerrillo, M., Juárez, S., Rivera, A., Guerrero, M., Ramírez, L., *Producción de biomasa y valor nutricional del forraje verde hidropónico de trigo y avena* Caracas, Venezuela Interciencia, vol. 37, núm. pp. 906-913 Asociación Interciencia.

Chacón, A. *Guía Teórico – Práctico del Laboratorio de Bromatología.* Serie Agrotecnológica. Editorial UCR. Primera Edición. San José. Costa Rica.

Chumbes, F., Espinoza, A. (2005). *Forraje verde hidropónico para cuyes de exportación. Junín – Perú.*

Church, D.C., *Fundamentos de nutrición y alimentación de animales*, 2ª ed. México: Limusa, Pág. 29.

CINA. *Laboratorio de química. Proteína cruda.* Disponible en:http://www.cina.ucr.ac.cr/index.php?option=com_content&view=article&id=9&Itemid=16

Contreras P., J. L., Tunque Q., M., & Cordero F., A. G. Rendimiento Hidropónico de la Arveja con Cebada y Trigo en la Producción de Germinados. *Revista De Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 26(1), 9–19. https://doi.org/10.15381/rivep.v26i1.10910

Cordero, A., Meza, F., Contreras, J.,Tunque, M. *Uso de la Urea y Sales Minerales para Animales en la Determinación del Valor Nutritivo del Germinado de cebada. Huancavelica:* Universidad Nacional de Huancavelica.

Cordero, A., Contreras, J., Castro, P., Ccencho, E. *Influencia de dos soluciones nutritivas en la composición química y producción de la cebada hidropónica*. Quinta esencia 1(2). p. 63-67.

Cupani, A. *La peculiaridad del conocimiento tecnológico. Scientiae Studia*, 4(3), p. 353-371.

De Souza Fortaleza, A., de Azambuja Ribeiro, E., Pavezzi, R., de Souza Castro, V., y Boscaro de Castro, F. A. *Degradabilidad ruminal In situ de los componentes nutritivos de algunos suplementos concentrados utilizados en la alimentación de bovinos*. Londrina- Brasil.

Delgado, D., Chongo, B., y Castellanos, E. *Degradabilidad ruminla de MS y NT en vacas, en un sistema de pastoreo de gramineas y leguminosas.* La habana – Cuba.

Delgado, D., La O, O., Chongo, B., Galindo, J., Obregón, Y. & Aldama, A.I. *Cinética de la degradación ruminal in situ de cuatro árboles forrajeros tropicales: Leucaena leucocephala, Entero lobium cyclocarpum, Sapindus saponaria y Gliricidia sepium.* Rev. Cubana Cienc. Agríc. 35:141.

Diccionario de la Lengua Española (2005). Espasa – Calpe

Dulanto M. *Producción de Forraje verde por hidroponía. Curso Producción de cuyes.* 21 y 22 junio. Cajamarca. INIA. 20p.

Elizondo, J. *Forraje verde hidropónico. Una alternativa para la producción animal.* Revista ECAG informa (32). p.36-39.

Enciclopedia Cirugía Digestiva (2014).Tomo III-255 pág. 1-29. Argentina.

Espinoza, FP., Argenti, G., Urdaneta, C., Araque, A., Fuentes, J., Palma, Bello, C. *Uso del forraje de maíz (Zea mays) hidropónico en la alimentación de toretes mestizos.* Zootecnia Trop 22(4): p. 303-315.

Espitia et.al. *"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.

Esteban , S. *LOS ENCANTOS DE HUANCAVELICA.* huancavelica, huancavelica, huancavelica.

FAO. *Forraje Verde Hidropónico, Manual Técnico*. Oficina Regional para América Latina y El Caribe. Santiago, Chile.79 pag.

Farre Rovira, R., y Frasquet Pons, L. *Nutricion animal en carnes y embutidos*. Madrid: sociedad española de nutricion .

Fuller, M.F. The enciclopedia offarm animal nutrition, Editorial Acribia, S.A., Zaragoza (España). Pág. 136-139.

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

Gonzales , J., Parra, R., y Combellas, J. *Composicion de valor nutritivo de los forrajes producidos en el tropico*. Instituto de produccion animal,facultad de agronomia.

Hernández, F. *Métodos de investigación en psicopedagogía.* Madrid: McGraw-Hill.

Herrera, E., Cerrillo, M., Juárez, A., Murillo, M., Ríos, F., Reyes, O., Bernal, H. *Efecto del tiempo de cosecha sobre el valor proteico y energético del forraje verde hidropónico de trigo.* Interciencia apr. Venezuela. vol. 35 (4). p. 284-289.

Huiza, M. *Evaluación de la producción de forraje verde hidropónico de cebada (Hordeum vulgare) y avena (Avena sativa) bajo tres niveles de abonamiento con té de humus de lombriz.* Tesis Ingeniero Agrónomo Universidad Mayor de San Andrés Facultad de Agronomía La Paz – Bolivia.

Jiménez, J. *Producción de forraje verde hidropónico de trigo y cebada, en diferentes épocas de cosecha en la quinta experimental Punzara.* Tesis Médico Veterinario Zootecnista, Universidad Nacional de Loja – Ecuador, Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Lagares, P., y Puerto, J. *Poblacion y muestra: tecnicas de muestreo.* Europa: Management.

Lozano, H., *Como Desarrollar El Proyecto De Investigación En Carreras De Ingeniería*. Primera edición.

Mc Donald, P., Edwards, R., y Greenhalgh, J. *Animal Nutrition.* Pearson Education Ltd, Essex, UK.

Mc Donald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D., Morgan, C. A., Sinclair, L. A., & Wilkinson, R. G. *Animal Nutrition* (SEPTIMA). England: PEARSON.

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

Moreno, P. *Vida y obra de granos y semillas, Despertando una vez más,* (en línea). http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen3/146/htm/vidayob.

National Research Council. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. Washington: National Academy Press.

Nocek, J. E. y Russell, J. B. *"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.

OCHOA F. J., *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.* Tesis. Universidad Nacional de Huancavelica.

Orihuela, B. *Utilización de la Cebada (Hordeum vulgare) Germinada en la Alimentación de Cuyes en Crecimiento hasta las 12 Semanas.* Tesis para Optar el Título de Ingeniero Zootecnista. UNALM. Lima, Perú.

Ortiz-Tirado, P., Barros-Rodríguez, M., Mayorga-Paredes, S., Chay-Canul, A., Guishca-Cunuhay, C., Romero-Herrera, R., y Reyes, H. *Influencia de la edad de corte en la composición quimica, cinetica de degradación del ruminal y digestibilidad in vitro del forraje hidroponico verde de Avena sativa*. Agroecosistemas tropicales y subtropicales, 22 (3). Disponioble en la web: https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/3082

Paillacho, N. R. *Composición química y cinética de degradación ruminal de forraje verde hidropónico de avena a cuatro tiempos de cosecha.* Tesis Médico Veterinario Zootecnista, Universidad Técnica de Facultad de Ciencias Agropecuarias Ambato – Tungurahua – Ecuador.

Paquiyauri; Z. y Quispe, A. *Influencia de niveles de azufre en la producción, composición química bromatológica y la digestibilidad del forraje verde hidropónico de cebada (Hordeum vulgare).* Tesis. Universidad Nacional de Huancavelica.

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

Rodríguez, A. *Manual Práctico de Hidroponía. Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral.* Lima, Perú.

Rogério da Silva, Maldonado, V.H., Coelho da Silva, J.F. *"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.

Sánchez, H. & Reyes, C. *Metodología y diseños en la investigación científica*. Lima: Editorial (N.E.).

San Miguel, A. *Fundamentos de Alimentación y Nutrición del Ganado.* E.T.S. Ingenieros de Montes. Universidad Politécnica de Madrid.

Silva, D. *Producción de forraje hidropónico de cebada (Hordeum vulgare l.) y maíz (Zeamays l.) con la aplicación de tres hormonas.* Tesis Ing. Agrónomo, Universidad Nacional de Loja Ecuador Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables.

Tarrillo, M. Artículo. *Forraje verde hidropónico, forraje de alta calidad, para la alimentación animal*, disponible en: www.forrajehidroponico.com

Tarrillo, H. *Hidroforraje.* disponible en: www.forrajehidroponico.com

Tieman, T., Lascano, E., y Kreuzer, M. *The ruminal degradability of fibre explains part of the low nutritional value and reduced methanogenesis in highly tanniferos tropical legumes.* Argentina: Journal of the science of food and agriculture.

Vargas, A. *Rendimiento De Sorgo (Sorghum bicolor) y cebada (Hordeum vulgare) bajo tres densidades de siembra como forraje verde hidropónico.* Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Mayor de San Andrés Facultad de Agronomía La Paz – Bolivia.

ANEXOS

Anexo 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: INFLUENCIA DE LOS TIEMPOS DE COSECHA SOBRE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA Y DEGRADABILIDAD *In situ* DEL HIDROFORRAJE DE CEBADA EN TOROS

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA	INSTRUMENTO
¿Cuál es la influencia de los tiempos de cosecha sobre la composición química y degradabilidad *In situ* del hidroforraje de cebada en toros?	**Objetivo general** Determinar la influencia de los tiempos de cosecha sobre la composición química y degradabilidad *In situ* del hidroforraje de cebada en toros. **Objetivos específicos** •Determinar la composición química: materia seca, proteína cruda, materia orgánica, materia inorgánica y fibra detergente neutra en los diferentes tiempos de cosecha del hidroforraje de cebada. •Determinar la degradabilidad potencial del hidroforraje de cebada en toros cosechada a los 16, 18, 20 y 22 días. • Determinar la degradabilidad efectiva del hidroforraje de cebada en toros cosechada a los 16, 18, 20 y 22 días.	H_o^1: No existe influencia significativa de los tiempos de cosecha sobre la composición química y degradabilidad *In situ* del hidroforraje de cebada en toros H_a^1: Existe influencia significativa de los tiempos de cosecha sobre la composición química y degradabilidad *In situ* del hidroforraje de cebada en toros.	**VARIABLE INDEPENDIENTE** Tiempos de cosecha. **Indicador:** TC1 = 16 días TC2= 18 días TC3= 20 días TC4= 22 días **VARIABLE DEPENDIENTE:** •Composición química **Indicador:** MS% PC %, MI% MO% y FDN % •Degradabilidad Potencial •Degradabilidad Efectiva **Indicador:** 0 horas, 6 horas, 12 horas, 24 horas, 48 horas y 72 horas.	**Tipo de investigación:** Aplicada **Nivel de investigación:** Explicativa **Método de investigación:** Inductivo: **Diseño de investigación:** Para evaluar la composición química se utilizará el Diseño de bloques completamente al azar (3 toros), con arreglo factorial de 4 x 6. $Y_{ijk} = u + A_i + \varepsilon_{ijk}$ Para la degradabilidad *in situ*, se adoptó un esquema en parcela sub dividida en el diseño experimental de bloques al azar, en el cual los toros representan los bloques; los tiempos de cosecha las parcelas; y los tiempos 0, 6, 12, 24, 48, 72 horas de incubación de los tratamientos las sub parcelas. Información sirvió para tener conocimiento del efecto de estos factores sobre la MS, PC, MO, MI, FDN. $Y_{ijk} = \mu + B_i + A_j + \varepsilon_{ij} + T_k + A \times T_{jk} + \varepsilon_{ijk}$ **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). **Población:** 16 Kg de semillas de cebada (*Hordeum vulgare*) de la variedad INIA 411 San Cristóbal. **Muestra:** 4 tratamientos (tiempos de cosecha) con 8 repeticiones. **Muestreo:** No Probabilístico del tipo intencionado.	•Ficha de control de siembra del cultivo hasta la cosecha en días. •Ancon Analizador de fibra (FDN) •Leco-Dumas para determinar proteína cruda (PC) •Método de la bolsa de Nylon

Anexo 2. Composición química del hidroforraje de cebada, cosechadas en diferentes tiempos (16, 18, 20 y 22 días), en menciones de materia seca (MS), materia orgánica (MO), materia inorgánica (MI), Proteína Cruda (PC) y fibra detergente neutra (FDN).

N°	MUESTRA(DÍAS)	REPET	%MS	% MI	%MO	%PC	%FDN
1	16	1	17,65	4,14	95,86	15,4	33,07
2	16	2	20,92	4,29	95,71	14,73	32,61
3	16	3	15,14	4,19	95,81	14,44	31,96
4	16	4	19,12	4,24	95,76	15,24	30,06
5	16	5	17,35	2,82	97,18	15,37	32,58
6	16	6	16,48	4,19	95,81	15,27	35
7	16	7	19,35	4,4	95,6	15,22	32,42
8	16	8	16,01	4,14	95,86	14,91	31,49
9	18	1	17,76	4,33	95,67	14,68	32,91
10	18	2	14,63	4,1	95,9	15,42	33,18
11	18	3	15,57	4,19	95,81	14,85	34,55
12	18	4	13,69	4,09	95,91	13,97	32,27
13	18	5	14,37	5,12	94,88	15,02	33,23
14	18	6	17,07	4,2	95,8	14,02	31,76
15	18	7	14,56	4,17	95,83	14,39	33,48
16	18	8	13,61	3,93	96,07	14,89	33,92
17	20	1	14,52	4,16	95,84	13,83	31,9
18	20	2	14,42	4,15	95,85	14,02	32,8
19	20	3	16,44	4,09	95,91	15,06	31,82
20	20	4	14,52	4,03	95,97	14,1	32,14
21	20	5	14,04	4,23	95,77	13,81	33,64
22	20	6	15,35	3,95	96,05	13,58	32,74
23	20	7	16,29	4,12	95,88	14,29	30,88
24	20	8	15,44	4,03	95,97	14,36	30,87
25	22	1	16,17	4,07	95,93	13,27	30,72
26	22	2	17,6	3,97	96,03	14	31,5
27	22	3	20,55	4,16	95,84	13,97	32,22
28	22	4	16,85	3,93	96,07	14,13	30,99
29	22	5	19,84	3,83	96,17	13,21	30,76
30	22	6	15,92	4,16	95,84	14,09	31,69
31	22	7	17,68	4,1	95,9	14,02	30,48
32	22	8	16,07	3,96	96,04	13,3	30,89

Anexo 3: fracción soluble (a), potencialmente degradable (b) y tasa de degradabilidad (c) y degradabilidad potencial (DP) de la materia seca (ms) de los tratamientos para tasa de pasaje de 2,5,8%.

TIEMPOS (HORAS)	BLOQUE I	TRATAMIENTO	% DEGRAD.	a	b	DP	c	DE (%/h)		
								2	5	8
0	NICASIO	T1	61,72	61,81	14,89	76,7	0,06	72,81	69,71	67,98
6	NICASIO	T1	66,05	61,81	14,89	76,7	0,06	72,81	69,71	67,98
12	NICASIO	T1	69,49	61,81	14,89	76,7	0,06	72,81	69,71	67,98
24	NICASIO	T1	72,87	61,81	14,89	76,7	0,06	72,81	69,71	67,98
48	NICASIO	T1	74,87	61,81	14,89	76,7	0,06	72,81	69,71	67,98
72	NICASIO	T1	77,09	61,81	14,89	76,7	0,06	72,81	69,71	67,98
0	NICASIO	T2	62,01	62	13	75	0,07	72,19	69,7	68,19
6	NICASIO	T2	66,24	62	13	75	0,07	72,19	69,7	68,19
12	NICASIO	T2	70,33	62	13	75	0,07	72,19	69,7	68,19
24	NICASIO	T2	72,14	62	13	75	0,07	72,19	69,7	68,19
48	NICASIO	T2	74,47	62	13	75	0,07	72,19	69,7	68,19
72	NICASIO	T2	75,22	62	13	75	0,07	72,19	69,7	68,19
0	NICASIO	T3	63	62,96	12,53	75,49	0,05	71,9	69,22	67,77
6	NICASIO	T3	65,94	62,96	12,53	75,49	0,05	71,9	69,22	67,77
12	NICASIO	T3	68,78	62,96	12,53	75,49	0,05	71,9	69,22	67,77
24	NICASIO	T3	72,13	62,96	12,53	75,49	0,05	71,9	69,22	67,77
48	NICASIO	T3	73,36	62,96	12,53	75,49	0,05	71,9	69,22	67,77
72	NICASIO	T3	75,75	62,96	12,53	75,49	0,05	71,9	69,22	67,77
0	NICASIO	T4	58,16	58,17	17,38	75,55	0,02	65,95	62,43	61,1
6	NICASIO	T4	59,89	58,17	17,38	75,55	0,02	65,95	62,43	61,1
12	NICASIO	T4	61,37	58,17	17,38	75,55	0,02	65,95	62,43	61,1
24	NICASIO	T4	62,99	58,17	17,38	75,55	0,02	65,95	62,43	61,1
48	NICASIO	T4	68,2	58,17	17,38	75,55	0,02	65,95	62,43	61,1
72	NICASIO	T4	70,22	58,17	17,38	75,55	0,02	65,95	62,43	61,1

Anexo 4: fracción soluble (a), potencialmente degradable (b) y tasa de degradabilidad (c) y degradabilidad potencial (DP) de la materia seca (ms) de los tratamientos para tasa de pasaje de 2,5,8%. Del bloque II.

TIEMPOS	BLOQUE II	TRATAMIENTO	REPETICION	a	b	DP	c	DE (%/h)		
								2	5	8
0	SERAPIO	T1	64,84	64,68	11,26	75,95	0,02	70,48	68,04	67,04
6	SERAPIO	T1	65,48	64,68	11,26	75,95	0,02	70,48	68,04	67,04
12	SERAPIO	T1	67,72	64,68	11,26	75,95	0,02	70,48	68,04	67,04

24	SERAPIO	T1	69,19	64,68	11,26	75,95	0,02	70,48	68,04	67,04
48	SERAPIO	T1	71,7	64,68	11,26	75,95	0,02	70,48	68,04	67,04
72	SERAPIO	T1	73,64	64,68	11,26	75,95	0,02	70,48	68,04	67,04
0	SERAPIO	T2	64,81	64,78	13,81	78,59	0,05	74,42	71,41	69,84
6	SERAPIO	T2	67,12	64,78	13,81	78,59	0,05	74,42	71,41	69,84
12	SERAPIO	T2	72,16	64,78	13,81	78,59	0,05	74,42	71,41	69,84
24	SERAPIO	T2	74,1	64,78	13,81	78,59	0,05	74,42	71,41	69,84
48	SERAPIO	T2	75,29	64,78	13,81	78,59	0,05	74,42	71,41	69,84
72	SERAPIO	T2	79,32	64,78	13,81	78,59	0,05	74,42	71,41	69,84
0	SERAPIO	T3	58,67	58,55	13,5	72,05	0,04	67,47	64,46	62,97
6	SERAPIO	T3	60,86	58,55	13,5	72,05	0,04	67,47	64,46	62,97
12	SERAPIO	T3	64,05	58,55	13,5	72,05	0,04	67,47	64,46	62,97
24	SERAPIO	T3	66,84	58,55	13,5	72,05	0,04	67,47	64,46	62,97
48	SERAPIO	T3	69,55	58,55	13,5	72,05	0,04	67,47	64,46	62,97
72	SERAPIO	T3	71,47	58,55	13,5	72,05	0,04	67,47	64,46	62,97
0	SERAPIO	T4	56,91	57,02	14,64	71,65	0,04	66,63	63,36	61,75
6	SERAPIO	T4	60,17	57,02	14,64	71,65	0,04	66,63	63,36	61,75
12	SERAPIO	T4	62,5	57,02	14,64	71,65	0,04	66,63	63,36	61,75
24	SERAPIO	T4	65,58	57,02	14,64	71,65	0,04	66,63	63,36	61,75
48	SERAPIO	T4	69,44	57,02	14,64	71,65	0,04	66,63	63,36	61,75
72	SERAPIO	T4	70,69	57,02	14,64	71,65	0,04	66,63	63,36	61,75

Anexo 5: fracción soluble (a), potencialmente degradable (b) y tasa de degradabilidad (c) y degradabilidad potencial (DP) de la materia seca (ms) de los tratamientos para tasa de pasaje de 2,5,8%. Del bloque III.

TIEMPOS	BLOQUE III	TRATAMIENTO	REPETICION	a	b	DP	c	DE (%/h)		
								2	5	8
0	PEDRO	T1	62,59	62,6	18,26	80,86	0,03	73,46	69,35	67,5
6	PEDRO	T1	65,06	62,6	18,26	80,86	0,03	73,46	69,35	67,5
12	PEDRO	T1	68,63	62,6	18,26	80,86	0,03	73,46	69,35	67,5
24	PEDRO	T1	72,17	62,6	18,26	80,86	0,03	73,46	69,35	67,5
48	PEDRO	T1	75,43	62,6	18,26	80,86	0,03	73,46	69,35	67,5
72	PEDRO	T1	79,16	62,6	18,26	80,86	0,03	73,46	69,35	67,5
0	PEDRO	T2	62,09	62,16	15,17	77,33	0,04	72,08	68,69	67,03
6	PEDRO	T2	64,95	62,16	15,17	77,33	0,04	72,08	68,69	67,03
12	PEDRO	T2	68,38	62,16	15,17	77,33	0,04	72,08	68,69	67,03
24	PEDRO	T2	71,02	62,16	15,17	77,33	0,04	72,08	68,69	67,03
48	PEDRO	T2	74,42	62,16	15,17	77,33	0,04	72,08	68,69	67,03
72	PEDRO	T2	76,64	62,16	15,17	77,33	0,04	72,08	68,69	67,03
0	PEDRO	T3	58,57	59,16	16,36	75,52	0,04	70,27	66,66	64,82

6	PEDRO	T3	63,3	59,16	16,36	75,52	0,04	70,27	66,66	64,82
12	PEDRO	T3	66,85	59,16	16,36	75,52	0,04	70,27	66,66	64,82
24	PEDRO	T3	68,18	59,16	16,36	75,52	0,04	70,27	66,66	64,82
48	PEDRO	T3	73,53	59,16	16,36	75,52	0,04	70,27	66,66	64,82
72	PEDRO	T3	74,95	59,16	16,36	75,52	0,04	70,27	66,66	64,82
0	PEDRO	T4	58,49	58,74	16,22	74,96	0,02	66,88	63,4	62,01
6	PEDRO	T4	61,12	58,74	16,22	74,96	0,02	66,88	63,4	62,01
12	PEDRO	T4	62,71	58,74	16,22	74,96	0,02	66,88	63,4	62,01
24	PEDRO	T4	64,44	58,74	16,22	74,96	0,02	66,88	63,4	62,01
48	PEDRO	T4	68,56	58,74	16,22	74,96	0,02	66,88	63,4	62,01
72	PEDRO	T4	71,63	58,74	16,22	74,96	0,02	66,88	63,4	62,01

Anexo 6: fracción soluble (a), potencialmente degradable (b) y tasa de degradabilidad (c) y degradabilidad efectiva (DE) de la materia seca (ms) de los tratamientos para tasa de pasaje de 2,5,8%. Del bloque I.

TIEMPOS	BLOQUE I	TRATAMIENTO	% DEGRAD.	a	b	DE	c	DE (%/h)		
								2	5	8
0	NICASIO	T1	59,32	59,37	20,21	79,58	0,02	69,5	65,17	63,43
6	NICASIO	T1	61,28	59,37	20,21	79,58	0,02	69,5	65,17	63,43
12	NICASIO	T1	64,45	59,37	20,21	79,58	0,02	69,5	65,17	63,43
24	NICASIO	T1	67,03	59,37	20,21	79,58	0,02	69,5	65,17	63,43
48	NICASIO	T1	71,39	59,37	20,21	79,58	0,02	69,5	65,17	63,43
72	NICASIO	T1	75,14	59,37	20,21	79,58	0,02	69,5	65,17	63,43
0	NICASIO	T2	59,69	59,33	21,41	80,74	0,02	69,01	64,64	62,99
6	NICASIO	T2	60,62	59,33	21,41	80,74	0,02	69,01	64,64	62,99
12	NICASIO	T2	63,38	59,33	21,41	80,74	0,02	69,01	64,64	62,99
24	NICASIO	T2	66,67	59,33	21,41	80,74	0,02	69,01	64,64	62,99
48	NICASIO	T2	70,81	59,33	21,41	80,74	0,02	69,01	64,64	62,99
72	NICASIO	T2	74,29	59,33	21,41	80,74	0,02	69,01	64,64	62,99
0	NICASIO	T3	61,02	61,4	11,24	72,64	0,04	69,16	66,69	65,42
6	NICASIO	T3	64,45	61,4	11,24	72,64	0,04	69,16	66,69	65,42
12	NICASIO	T3	66,51	61,4	11,24	72,64	0,04	69,16	66,69	65,42
24	NICASIO	T3	68,26	61,4	11,24	72,64	0,04	69,16	66,69	65,42
48	NICASIO	T3	70,98	61,4	11,24	72,64	0,04	69,16	66,69	65,42
72	NICASIO	T3	72,55	61,4	11,24	72,64	0,04	69,16	66,69	65,42
0	NICASIO	T4	57,12	56,95	17,98	74,94	0,02	65,43	61,68	60,23
6	NICASIO	T4	58,9	56,95	17,98	74,94	0,02	65,43	61,68	60,23
12	NICASIO	T4	60,22	56,95	17,98	74,94	0,02	65,43	61,68	60,23
24	NICASIO	T4	62,9	56,95	17,98	74,94	0,02	65,43	61,68	60,23
48	NICASIO	T4	67,86	56,95	17,98	74,94	0,02	65,43	61,68	60,23

72	NICASIO	T4	69,77	56,95	17,98	74,94	0,02	65,43	61,68	60,23

Anexo 7: fracción soluble (a), potencialmente degradable (b) y tasa de degradabilidad (c) y degradabilidad efectiva (DE) de la materia seca (MS %) de los tratamientos para tasa de pasaje de 2,5,8%. Del bloque II.

TIEMPOS	BLOQUE II	TRATAMIENTO	REPETICION	a	b	DE	c	DE (%/h)		
								2	5	8
0	SERAPIO	T1	59.49	58,69	18,14	76,83	0,02	67,55	63,7	62,18
6	SERAPIO	T1	60.80	58,69	18,14	76,83	0,02	67,55	63,7	62,18
12	SERAPIO	T1	62.04	58,69	18,14	76,83	0,02	67,55	63,7	62,18
24	SERAPIO	T1	62.41	58,69	18,14	76,83	0,02	67,55	63,7	62,18
48	SERAPIO	T1	73.87	58,69	18,14	76,83	0,02	67,55	63,7	62,18
72	SERAPIO	T1	70.33	58,69	18,14	76,83	0,02	67,55	63,7	62,18
0	SERAPIO	T2	59.96	59,93	15	74,93	0,04	69,7	66,35	64,71
6	SERAPIO	T2	62.10	59,93	15	74,93	0,04	69,7	66,35	64,71
12	SERAPIO	T2	66.63	59,93	15	74,93	0,04	69,7	66,35	64,71
24	SERAPIO	T2	68.66	59,93	15	74,93	0,04	69,7	66,35	64,71
48	SERAPIO	T2	71.55	59,93	15	74,93	0,04	69,7	66,35	64,71
72	SERAPIO	T2	74.48	59,93	15	74,93	0,04	69,7	66,35	64,71
0	SERAPIO	T3	56.70	56,32	14,36	70,68	0,02	63,52	60,44	59,2
6	SERAPIO	T3	57.42	56,32	14,36	70,68	0,02	63,52	60,44	59,2
12	SERAPIO	T3	59.73	56,32	14,36	70,68	0,02	63,52	60,44	59,2
24	SERAPIO	T3	61.27	56,32	14,36	70,68	0,02	63,52	60,44	59,2
48	SERAPIO	T3	65.99	56,32	14,36	70,68	0,02	63,52	60,44	59,2
72	SERAPIO	T3	67.04	56,32	14,36	70,68	0,02	63,52	60,44	59,2
0	SERAPIO	T4	56.28	56,32	15,56	71,88	0,03	66,04	62,54	60,89
6	SERAPIO	T4	59.27	56,32	15,56	71,88	0,03	66,04	62,54	60,89
12	SERAPIO	T4	61.19	56,32	15,56	71,88	0,03	66,04	62,54	60,89
24	SERAPIO	T4	65.25	56,32	15,56	71,88	0,03	66,04	62,54	60,89
48	SERAPIO	T4	68.34	56,32	15,56	71,88	0,03	66,04	62,54	60,89
72	SERAPIO	T4	70.65	56,32	15,56	71,88	0,03	66,04	62,54	60,89

Anexo 8: fracción soluble (a), potencialmente degradable (b) y tasa de degradabilidad (c) y degradabilidad efectiva (DE) de la materia seca (ms) de los tratamientos para tasa de pasaje de 2,5,8%. Del bloque III.

TIEMPOS	BLOQUE III	TRATAMIENTO	REPETICION	a	b	DE	c	DE (%/h)		
								2	5	8
0	PEDRO	T1	59.71	59,36	21,26	80,62	0,04	73,79	69,1	66,71
6	PEDRO	T1	63.80	59,36	21,26	80,62	0,04	73,79	69,1	66,71
12	PEDRO	T1	66.59	59,36	21,26	80,62	0,04	73,79	69,1	66,71
24	PEDRO	T1	75.37	59,36	21,26	80,62	0,04	73,79	69,1	66,71
48	PEDRO	T1	75.49	59,36	21,26	80,62	0,04	73,79	69,1	66,71
72	PEDRO	T1	80.67	59,36	21,26	80,62	0,04	73,79	69,1	66,71
0	PEDRO	T2	59.82	59,35	13,94	73,29	0,03	67,57	64,44	63,03
6	PEDRO	T2	60.65	59,35	13,94	73,29	0,03	67,57	64,44	63,03
12	PEDRO	T2	63.78	59,35	13,94	73,29	0,03	67,57	64,44	63,03
24	PEDRO	T2	66.29	59,35	13,94	73,29	0,03	67,57	64,44	63,03
48	PEDRO	T2	70.04	59,35	13,94	73,29	0,03	67,57	64,44	63,03
72	PEDRO	T2	71.35	59,35	13,94	73,29	0,03	67,57	64,44	63,03
0	PEDRO	T3	56.85	56,74	20,25	77	0,02	66,41	62,16	60,51
6	PEDRO	T3	58.44	56,74	20,25	77	0,02	66,41	62,16	60,51
12	PEDRO	T3	61.41	56,74	20,25	77	0,02	66,41	62,16	60,51
24	PEDRO	T3	63.02	56,74	20,25	77	0,02	66,41	62,16	60,51
48	PEDRO	T3	69.25	56,74	20,25	77	0,02	66,41	62,16	60,51
72	PEDRO	T3	71.36	56,74	20,25	77	0,02	66,41	62,16	60,51
0	PEDRO	T4	57.56	57,59	17,4	74,99	0,02	65,83	62,19	60,78
6	PEDRO	T4	59.17	57,59	17,4	74,99	0,02	65,83	62,19	60,78
12	PEDRO	T4	61.07	57,59	17,4	74,99	0,02	65,83	62,19	60,78
24	PEDRO	T4	64.13	57,59	17,4	74,99	0,02	65,83	62,19	60,78
48	PEDRO	T4	67.06	57,59	17,4	74,99	0,02	65,83	62,19	60,78
72	PEDRO	T4	70.47	57,59	17,4	74,99	0,02	65,83	62,19	60,78

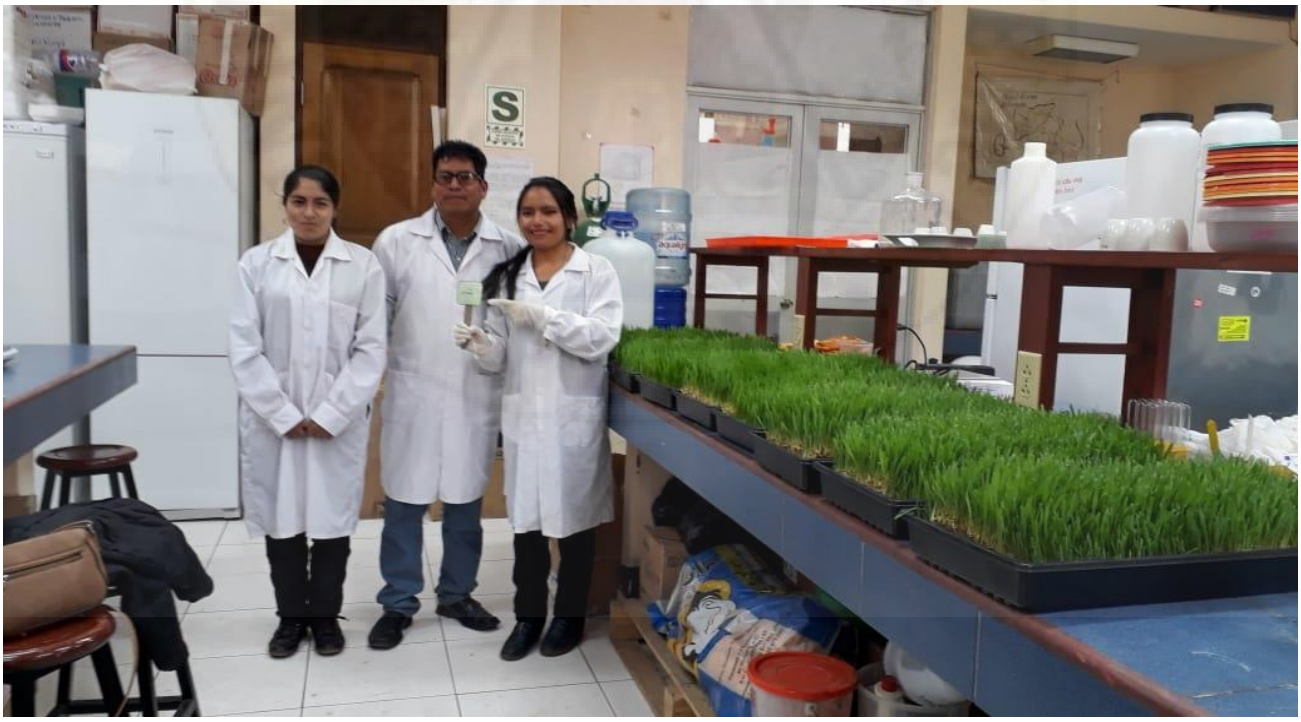
Anexo 9. Panel fotográfico

Fotografía 1. Siembra de la semilla; cebada (*Hordeum vulgare)*

Fotografía 2. Desarrollo de la hidroponía

Fotografía 3. Tratamientos y repeticiones del hidroforraje de cebada

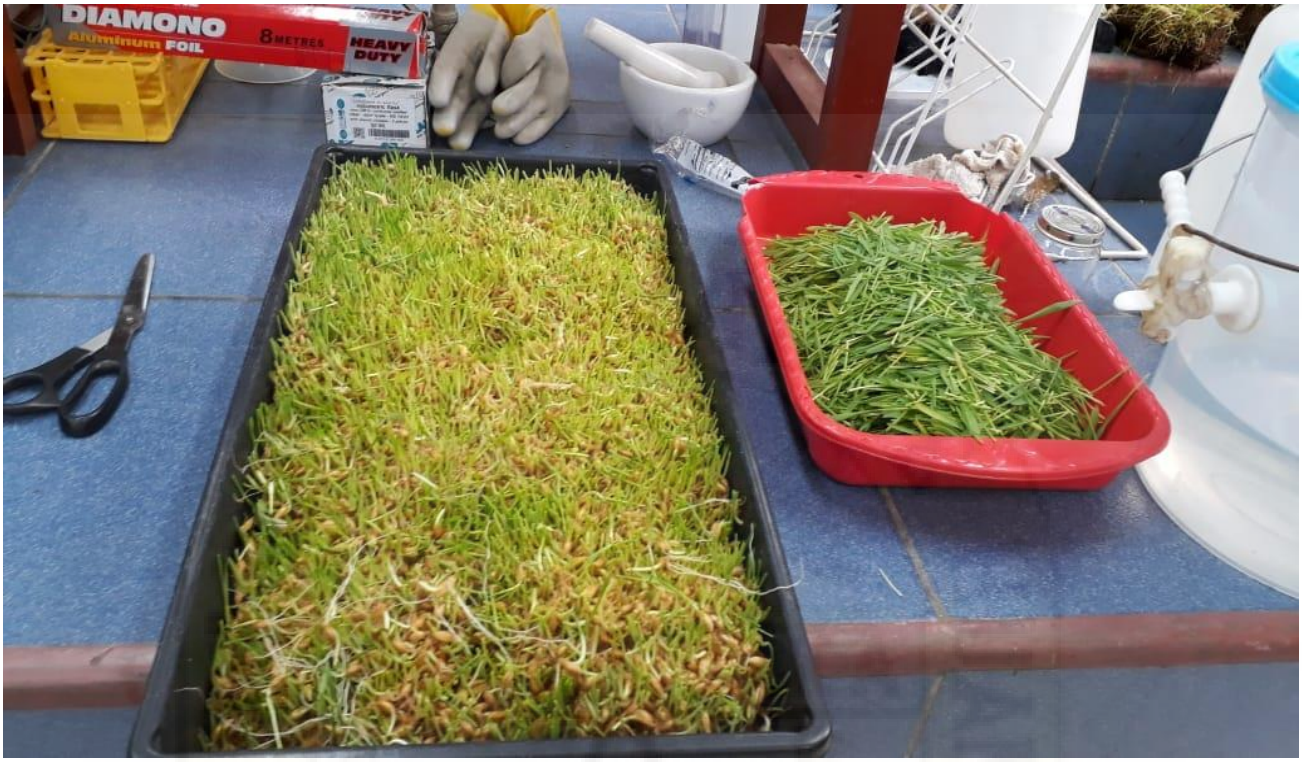
Fotografía 4. Cosecha del hidroforraje de cebada- Laboratorio LUNEA



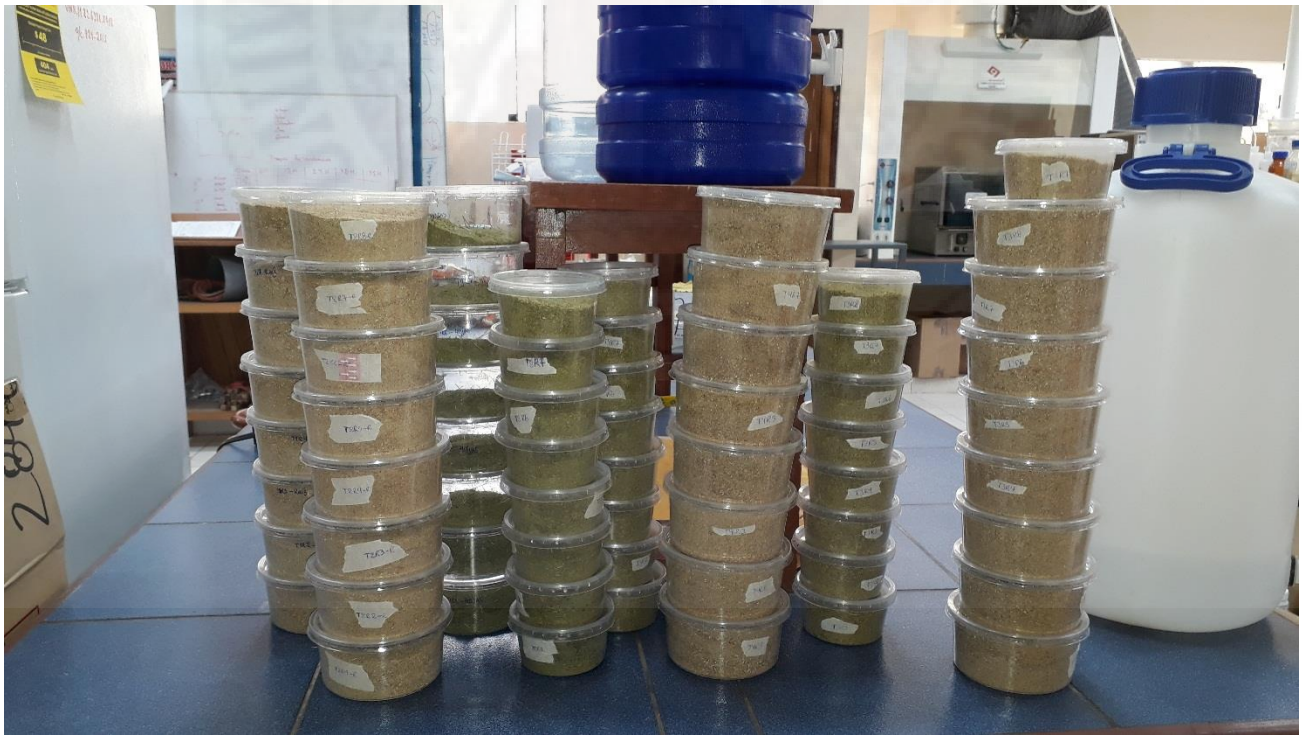
Fotografía 5. Cosecha del hidroforraje de cebada

Fotografía 6. Recolección de muestras del hidroforraje para la determinación de materia seca

Fotografía 7. Recolección de muestras del hidroforraje de cebada



Fotografía 8. Rotulado de muestras molidas para determinar proteína



Fotografía 9. Pesado y codificado de las muestras de hidroforraje de cebada

Fotografía 10. Bolsas con muestras listas para la incubación ruminal en vacunos

Fotografía 11. Extracción de muestras transcurrido el tiempo de incubación Ruminal

Fotografía 12. Extracción de muestras transcurrido el tiempo de incubación Ruminal

Fotografía 13. Muestras listas para análisis de Fibra Detergente Neutro (Ankon a200)

Fotografía 14. Muestras listas para análisis