



**Evaluación del tamo de cebada amonificado como suplemento alimenticio sobre los
parámetros zootécnicos y digestibilidad en vaconas de reemplazo en la hacienda “El
Prado-IASA I”**

Chamba Macas, María Fernanda y Collaguazo Tituaña, Raúl Mauricio

Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario

Ing. Vela Tormen, Diego Alonso Mgs.

25 de enero del 2023



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Certificación

Certifico que el trabajo de titulación: **Evaluación del tamo de cebada amonificado como suplemento alimenticio sobre los parámetros zootécnicos y digestibilidad en vaconas de reemplazo en la hacienda “El Prado-IASA I”**, fue realizado por la señorita **Chamba Macas, María Fernanda** y el señor **Collaguazo Tituaña, Raúl Mauricio**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 25 de enero del 2023



.....
Ing. Vela Tormen, Diego Alonso Mgs.

C.C.: 170775453-5

Informe de originalidad

NOMBRE DEL CURSO
TESIS 2023 UTILIZACIÓN

NOMBRE DEL ALUMNO
MARIA FERNANDA CHAMBA MACAS

NOMBRE DEL ARCHIVO
MARIA FERNANDA CHAMBA MACAS - TESIS

SE HA CREADO EL INFORME
26 ene 2023

Resumen

Fragmentos marcados	20	3 %
Fragmentos citados o entrecuillados	8	1 %

Coincidencias de la Web

engormix.com	5	1 %
innovatione.eu	3	0,6 %
agroshow.info	2	0,4 %
scielo.org.pe	2	0,3 %
docplayer.es	2	0,3 %
uteq.edu.ec	1	0,3 %
scielo.org.co	1	0,3 %
scielo.sa.cr	2	0,2 %
fundacionfedna.org	1	0,2 %
uchile.cl	1	0,2 %
unt.edu.ec	2	0,2 %
uns.edu.ar	1	0,1 %
uaaan.mx	1	0,1 %
redalyc.org	1	0,1 %
slideshare.net	1	0,1 %
agrofy.com.ar	1	0,1 %
uta.edu.ec	1	0,1 %



Firmado electrónicamente por:
DIEGO ALONSO
VELATORMEN

.....
Ing. Vela Tormen, Diego Alonso Mgs.

C.C.: 170775453-5



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura
Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Responsabilidad de Autoría

Nosotros, **Chamba Macas, María Fernanda** y **Collaguazo Tituaña, Raúl Mauricio**, con cédulas de ciudadanía N° 171792867-3 y N° 172384006-0, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo titulación: **Evaluación del tamo de cebada amonificado como suplemento alimenticio sobre los parámetros zootécnicos y digestibilidad en vaconas de reemplazo en la hacienda “El Prado-IASA I”**, es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 25 de enero del 2023

Chamba Macas, María Fernanda

C.C.: 171792867-3

Collaguazo Tituaña, Raúl Mauricio

C.C.: 172384006-0



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura
Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Autorización de Publicación

Nosotros, **Chamba Macas, María Fernanda** y **Collaguazo Tituaña, Raúl Mauricio**, con cédula de ciudadanía N° 171792867-3 y N° 172384006-0 autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Evaluación del tamo de cebada amonificado como suplemento alimenticio sobre los parámetros zootécnicos y digestibilidad en vaconas de reemplazo en la hacienda “El Prado-IASA I”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios es de mi responsabilidad.

Sangolquí, 25 de enero del 2023

Chamba Macas, María Fernanda

C.C.: 171792867-3

Collaguazo Tituaña, Raúl Mauricio

C.C.: 172384006-0

Dedicatoria

Agradezco a Dios por haberme otorgado una familia maravillosa, quienes siempre han creído en mí, dándome ejemplo de humildad, buenos valores, superación y sacrificio. En especial mi agradecimiento a mi querida madre Bélgica por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a usted, gracias por sus sabios consejos, su apoyo incondicional y su paciencia. A mi hermano Jonathan, por su apoyo, por motivarme constantemente para que pueda alcanzar mis anhelos, por creer en mí y que puedo crecer más que profesional como persona.

A mi familia y amigos, que han estado en este camino, motivándome, y un gracias a mis abuelitos que desde pequeña me inculcaron el camino del aprendizaje en campo y apreciar de las virtudes que nos ofrece la madre naturaleza siempre con respeto y amor.

María Fernanda Chamba Macas

A Dios, quien me ha dado la fortaleza en todo este camino universitario. A mis padres Laura y Raúl quienes me han enseñado a luchar por las metas que uno se propone inculcándome siempre el bien y apoyándome en los bueno y malos momentos, dándome fuerzas y ánimos para no rendirme.

A mis hermanos Daniel y Erik para quienes he tratado de ser un buen ejemplo, enseñándoles que a pesar de que el camino sea duro con sacrificio todo se puede lograr, son la inspiración y el motivo por el cual siempre seguiré adelante. A mi familia y amigos quienes siempre estuvieron apoyándome en todo momento, aconsejándome y dándome esas palabras de aliento que reconfortaban el espíritu dándole más fuerzas para continuar.

Raúl Mauricio Collaguazo Tituaña

Agradecimientos

En primer lugar, deseamos expresar nuestro agradecimiento al director de nuestra tesis, Ingeniero Diego Vela, por la dedicación y apoyo que ha brindado a este trabajo, por el respeto a nuestras sugerencias e ideas y por la dirección y el rigor que ha facilitado a las mismas. Gracias por la confianza ofrecida y por brindarnos todas las oportunidades de crecer como personas y como profesionales.

A nuestra Ing. Jennifer Cuenca, quién nos apoyó constantemente en cada labor, gracias por demostrarnos que la vida está llena de retos, sin embargo, depende de nosotros superarlos y continuar desafiando a la vida, gracias por creer en nosotros.

Por su orientación y atención a nuestras consultas sobre metodología, sus valiosas sugerencias en momentos de dudas, por el siempre querernos ayudar para hacer un excelente trabajo un agradecimiento especial al Ingeniero Julio Pazmiño, docente de la Carrera Agropecuaria.

Nuestro agradecimiento al Ing. Arnulfo de la Universidad Central, quién abrió sus puertas a dos jóvenes desconocidos, que supo guiar, enseñar y ser una ayuda fundamental en nuestra investigación y parte de esto quedó se forjó una bonita amistad.

Pero un trabajo de investigación es también fruto del reconocimiento y del apoyo vital que nos ofrecen las personas y amigos que nos estiman, sin el cual no tendríamos la fuerza y energía que nos anima a crecer como personas y como profesionales.

Índice de contenidos

Carátula	1
Certificación	2
Resultado de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos.....	3
Responsabilidad de Autoría	4
Autorización de Publicación	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimientos	7
Índice de contenidos	8
Índice de Tablas.....	12
Índice de Figuras	14
Resumen	15
Abstract.....	16
CAPÍTULO I.....	17
INTRODUCCIÓN	17
Antecedentes	17
Justificación.....	18
Objetivos	19
Objetivo General.....	19
Objetivo Específico	20
Hipótesis	20
Hipótesis nula:	20
Hipótesis alterna:	20
CAPÍTULO II.....	21
REVISIÓN DE LA LITERATURA	21
Cebada (<i>Hordeum vulgare L.</i>)	21

Taxonomía.....	21
Aspectos generales	21
Producción de cebada	22
Tamo de Cebada como subproducto agroindustrial	22
Amonificación.....	24
Elementos que intervienen en la amonificación	25
Efectos nutricionales del amonificado	27
El uso de la urea en la alimentación de bovino de leche	28
Ventajas y desventajas del uso de la amonificación.....	29
Generalidades de las vacas	30
Clasificación zoológica.....	30
Requerimientos nutricionales de novillas de remplazo	31
Digestibilidad y degradabilidad en rumiantes	33
Microflora del Rumen	34
CAPÍTULO III.....	37
METODOLOGÍA.....	37
Ubicación del área de investigación	37
Ubicación geopolítica.....	37
Ubicación ecológica	37
Materiales y equipos.....	38
Equipos y materiales para laboratorio	38
Equipos y materiales para campo	38
Equipos y materiales para digestibilidad <i>in situ</i>	39
Métodos	39
Elaboración del tamo de cebada amonificado.....	39
Adecuación de potreros	40

Clasificación de Animales	40
Periodo de adaptación	41
Diseño Experimental	41
Tratamientos:.....	41
Tipo de diseño	42
Coeficiente de variación.....	42
Croquis del diseño	43
Variables de estudio	43
Análisis de laboratorio.....	43
Análisis en Campo	47
CAPÍTULO IV	50
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	50
Valor nutritivo del tamo de cebada amonificado y sin amonificar	50
Materia seca (MS) y humedad	50
Proteína cruda (PC)	51
Extracto etéreo (EE)	51
Cenizas.....	52
Fibra Bruta.....	52
Extracto libre de nitrógeno (E.L.N.)	52
Fibra detergente neutra (FDN)	52
Fibra detergente acida (FDA).....	53
Análisis de nitrógeno ureico en sangre (NUS)	53
Degradabilidad “ <i>in situ</i> ” de la materia seca	54
Cinética de degradación ruminal <i>in situ</i> de la MS	55
Parámetros zootécnicos	57
Ganancia de peso diario	57

Peso vivo (kg)	59
Altura de la cruz.....	61
Altura a la Grupa.....	63
Condición corporal.....	64
Consumo de alimento	66
Conversión alimenticia.....	70
Condición de heces	72
Análisis económico	74
Conclusiones.....	76
Recomendaciones.....	77
Bibliografía	78

Índice de Tablas

Tabla 1 Clasificación taxonómica de la cebada (<i>Hordeum vulgare L.</i>).....	21
Tabla 2 Resultados obtenidos en levante de novillas alimentadas con tamos amonificado y tamo sin tratar	24
Tabla 3 Contenido de energía de.....	25
Tabla 4 Clasificación zoológica de bovinos.....	30
Tabla 5 Requerimientos.....	32
Tabla 6 Valor nutritivo del Kikuyo.....	44
Tabla 7 Clasificación de.....	49
Tabla 8 Composición nutricional del tamo de cebada amonificado y sin amonificar	50
Tabla 9 Valores de nitrógeno ureico en sangre (mg/dL) medidos en la semana 1 y semana 14 de haber transcurrido la experimentación.....	53
Tabla 10 Degradabilidad ruminal de la MS del tamo de cebada amonificado y sin amonificar a diferentes tiempos de incubación	54
Tabla 11 Cinética de la degradación ruminal in situ de la MS del tamo de cebada amonificado y sin amonificar	55
Tabla 12 Curva y ecuación de degradabilidad in situ del tamo de cebada amonificado y sin amonificar.....	56
Tabla 13 Análisis de varianza para la variable ganancia de peso en vaconas de remplazo.....	57
Tabla 14 Promedio	57
Tabla 15 Análisis de varianza para la variable peso vivo final en vaconas de remplazo	59
Tabla 16 Promedio \pm EE del peso vivo final en vaconas de remplazo	60
Tabla 17 Análisis de varianza para la variable altura a la cruz (m) en vaconas de remplazo	61
Tabla 18 Promedio \pm EE de la altura a la cruz en vaconas de remplazo.....	62
Tabla 19 Análisis de varianza para la variable altura a la grupa (m) en vaconas de remplazo ..	63
Tabla 20 Promedio \pm EE de la altura a la grupa en vaconas de remplazo	63

Tabla 21 Análisis de varianza para la variable condición corporal en vaconas de replazo	64
Tabla 22 Promedio \pm EE de la condición corporal en vaconas de replazo	65
Tabla 23 Análisis de varianza para la variable consumo del suplemento alimenticio en base a MS entre tratamientos en vaconas de replazo	66
Tabla 24 Promedio \pm EE de consumo del suplemento alimenticio en base a MS entre tratamientos en vaconas de replazo	67
Tabla 25 Análisis de varianza para la variable consumo del forraje verde en base a MS entre tratamientos en vaconas de replazo	67
Tabla 26 Promedio \pm EE de consumo diario del forraje verde en base a MS entre tratamientos en vaconas de replazo	68
Tabla 27 Resumen del consumo de alimento entre tratamientos en vaconas de replazo	68
Tabla 28 Análisis de varianza para la variable conversión alimenticia entre tratamientos en vaconas de replazo	70
Tabla 29 Promedio \pm EE de conversión alimenticia entre tratamientos en vaconas de replazo	70
Tabla 30 Análisis de varianza para la variable condición de heces en vaconas de replazo ...	72
Tabla 31 Promedio \pm EE de la condición de las heces en vaconas de replazo	72
Tabla 32 Costo de los materiales que se utilizan para elaborar el suplemento alimenticio	74
Tabla 33 Costo diario de la dieta suministrada por tratamiento y por animal	75
Tabla 34 Costos de producción de alimento para la ganancia de 1kg de PV	75

Índice de Figuras

Figura 1 Ubicación	37
Figura 2 Croquis experimental de la investigación	43
Figura 3 (T0) Vacona con condición corporal de 2,70	65
Figura 4 (T1) Vacona con condición corporal de 2,88	65
Figura 5 (T2) Vacona con condición corporal de 2,9	65
Figura 6 Consistencia de grado 2.....	73
Figura 7 Consistencia correcta de grado 3.....	73
Figura 8 Consistencia correcta de grado 3.5	73

Resumen

El objetivo del presente trabajo de investigación fue evaluar el tamo de cebada amonificado como suplemento alimenticio en vaconas de remplazo de la Hacienda “El Prado”, para lo cual se seleccionaron 21 animales de raza Montbeliarde con pesos de 190 a 220 kg bajo pastoreo. El periodo de evaluación fue de 90 días. Los tratamientos empleados fueron: T0: solo forraje verde (Kikuyo), T1: 1% del PV/animal/día del suplemento + forraje, T2: 2% del PV/animal/día del suplemento + forraje. Las variables evaluadas fueron: análisis bromatológico del suplemento alimenticio, parámetros zootécnicos, digestibilidad *in situ* en diferentes tiempos y costos totales por suplementación. Para el análisis estadístico se aplicó un diseño completamente al azar (DCA), se realizó un análisis de varianza ANOVA de todas las variables estudiadas, la diferencia de medias se realizó mediante Tukey y Duncan al 5 % para las variables en campo y variables de laboratorio respectivamente, además para la variable degradabilidad *in situ* se utilizó el software Solver y SigmaPlot para realizar la curva de cinética ruminal. En los análisis bromatológicos del suplemento alimenticio se puede denotar que se tiene 11.51 % de proteína bruta, 67.23 % de FDN y 47.15 % de FDA. En cuanto a los parámetros zootécnicos se encontró un efecto significativo en cuanto a la ganancia de peso diario de 0.52, 0.45 y 0.34 kg/animal/día para los tratamientos T2, T1 y T0 respectivamente, lo mismo sucede para la condición corporal teniendo valores de 2.95, 2.88 y 2.70 para los tratamientos T2, T1 y T0; el peso vivo (PV), altura de la cruz (AC), altura de la grupa (AG) no mostraron diferencias estadísticamente significativas ($P > 0.05$) entre tratamientos. El suplemento alimenticio presentó una fracción soluble (A) de 22,57% y una fracción insoluble pero potencialmente degradable (B) de 35,04% con una tasa de degradación constante de la fracción B de 1,71 %/h. Se concluye que se puede disminuir la dependencia de forraje verde como único alimento para las vaconas de remplazo, mediante el uso de tamo de cebada amonificado.

Palabras clave: Tamo, parámetros zootécnicos, cinética ruminal, amonificación.

Abstract

The objective of this research was to evaluate ammonified barley chaff as a feed supplement in replacement cows at Hacienda "El Prado", for which 21 Montbeliarde breed animals weighing 190 to 220 kg under grazing were selected. The evaluation period was 90 days. The treatments used were: T0: only green fodder (Kikuyo), T1: 1% of the PV/animal/day of the supplement + fodder, T2: 2% of the PV/animal/day of the supplement + fodder. The variables evaluated were: bromatological analysis of the feed supplement, zootechnical parameters, *in situ* digestibility at different times and total costs per supplementation. For the statistical analysis, a completely randomized design (CRD) was applied, an ANOVA analysis of variance was performed for all the variables studied, the difference of means was performed by Tukey and Duncan at 5% for the field variables and laboratory variables, respectively, and for the *in situ* degradability variable, the Solver and SigmaPlot software were used to perform the ruminal kinetics curve. The bromatological analysis of the feed supplement showed 11.51 % crude protein, 67.23 % NDF and 47.15 % FDA. Regarding the zootechnical parameters, a significant effect was found for daily weight gain of 0.52, 0.45 and 0.34 kg/animal/day for treatments T2, T1 and T0 respectively, the same happens for body condition with values of 2.95, 2.88 and 2.70 for treatments T2, T1 and T0; live weight (BW), withers height (WC) and rump height (GA) did not show statistically significant differences ($P>0.05$) among treatments. The feed supplement presented a soluble fraction (A) of 22.57% and an insoluble but potentially degradable fraction (B) of 35.04% with a constant degradation rate of the B fraction of 1.71 %/h. It is concluded that the dependence on green forage as the only feed for replacement cows can be reduced by using ammonified barley chaff.

Keywords: chaff, zootechnical parameters, rumen kinetics, ammonification.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

Los sistemas de producción de ganado bovino son unas de las principales actividades y fuentes de ingreso económico a nivel mundial. En Ecuador en el año 2020, según la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC), el ganado vacuno registró un ligero crecimiento del 0,7 % en relación con el 2019, con 4 335 924 cabezas de ganado bovino, de las cuales el 69.73 % son hembras y de ellas el 23.55 % son vaconas que oscilan entre edades de 6 meses a 18 meses de edad, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (2014).

En la producción de ganado bovino uno de los factores más importantes es la alimentación, la cual debe cumplir con los requerimientos nutricionales de los animales con el fin de tener un óptimo aprovechamiento de los nutrientes a un bajo costo. Se conoce que en la industria ganadera el pasto es el principal alimento para su mantenimiento, reproducción y producción, sin embargo, en periodos críticos como inviernos intensos o sequías prolongadas, su producción tiende a bajar considerablemente, esto ocasiona que el forraje tenga un bajo valor nutricional, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (2014).

Para contrarrestar esta deficiencia nutricional, se puede dar uso de subproductos agroindustriales que son obtenidos durante la cosecha o procesamiento de alimentos o fibras indispensables como cebada, sorgo, maíz, etc. Entre estos residuos agrícolas, se tiene el tamo de cebada que es obtenido después de la cosecha del grano, el cual posee 93,13 % de MS, la proteína oscila entre 4 a 6 % y tiene una digestibilidad que fluctúa entre 45 y 50 %, Calderón & Cazares (2019).

Este residuo puede ser pastoreado directamente o cosechado para darle un tratamiento químico con el fin de mejorar la calidad nutricional y por ende aumentar la productividad del animal. Existen algunos tratamientos químicos que se le pueden dar a estos residuos, uno de

ellos es la amonificación, cuyo principal objetivo es el de mejorar la digestibilidad y junto con esto, el valor nutritivo de los residuos de lignocelulosa. De acuerdo con Zambrano (2020) menciona que, uno de los tratamientos con mejor resultado al aplicar la amonificación sobre tamo de cebada es el de rociar las pacas completas con una solución de urea ya que se obtuvieron resultados positivos, entre ellos el incremento del contenido de proteína y bajos costos de producción.

Es por ello por lo que, la presente investigación pretende evaluar el efecto del suministro de tamo de cebada amonificado sobre los parámetros zootécnicos en vaconas de reemplazo, ya que en el país es muy escasa la información sobre este proceso de amonificación en dicho subproducto y sus efectos en los parámetros zootécnicos en el animal.

Justificación

Son muchos los desafíos que enfrenta la ganadería en el mundo y en Ecuador, entre estos se encuentra el satisfacer las necesidades alimenticias de los animales. Los residuos de cosechas o también llamados rastrojos son subproductos derivados de la actividad agrícola, estos desempeñan un papel importante en los sistemas pecuarios, siendo aprovechados para la alimentación del ganado y otros usos, Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (2013).

Entre los rastrojos de cosecha tenemos al tamo de cebada, este se emplea como alimento para bovinos, el cual contiene una gran proporción de almidón, y se utiliza principalmente como fuente de energía. Sin embargo, por ser un producto difícil de digerir por parte de los bovinos, es necesario darle un proceso o tratamiento químico para conferirle una concentración superior de ciertos principios como almidón, proteínas, aceites, siempre y cuando se realice un proceso adecuado para no desequilibrar las dietas y perjudicar la salud de los animales, Gallardo (2015).

El proceso químico con el cual se obtienen resultados favorables para el tratamiento del tamo de cebada es la amonificación, este tiene como objetivo mejorar la digestibilidad de la materia seca y con ello realzar el contenido nutritivo de los residuos lignocelulósicos, ya que

por medio del efecto hidrolizante del amoníaco sobre los enlaces existentes entre lignina y los polisacáridos estructurales, ponen a disposición moléculas más sencillas y hace que sean utilizables por los microorganismos ruminales y a su vez puedan ser utilizadas como fuentes de energía, Botero (2017).

La amonificación tiene grandes ventajas, entre una de ellas según Pérez (2015), menciona que este proceso es de bajo costo para su realización, de tal manera que puede ser elaborada de forma artesanal y con materiales que se encuentran a la mano del productor ganadero hace que este sistema tradicional sea rentable.

Otra de las ventajas de la amonificación es permitir conservar los almidones y azúcares, de alto valor energético en la forma original, lo que previene su pérdida por fermentación al convertirse en alcoholes, de la misma manera tiende a incrementar el nivel de proteína cruda del material tratado, debido a la fijación del amoníaco empleado en el proceso químico, Mendieta B. & *et al.* (2015).

Es por estas ventajas que ofrece el proceso de amonificación que se quiere evaluar el efecto del tamo de cebada amonificado sobre los parámetros zootécnicos en vaconas de reemplazo, ya que según Zambrano (2020), menciona que en IASA-I, anualmente se están sembrando 30 hectáreas de cereales, de las cuales se logra obtener un aproximado de 4000 pacas de tamos de cebada, utilizadas en el módulo de lumbricultura y como cama para diferentes especies de animales que se producen en la hacienda, por esta razón se quiere aprovechar este recurso como fuente de alimentación para rumiantes.

Objetivos

Objetivo General

Evaluar el tamo de cebada amonificado como suplemento alimenticio sobre los parámetros zootécnicos y degradabilidad en vaconas de reemplazo.

Objetivo Específico

- Determinar los parámetros zootécnicos en vaconas de reemplazo al adicionar tamo de cebada amonificado como suplemento alimenticio.
- Estimar el valor nutricional y degradabilidad ruminal del tamo de cebada amonificado como suplemento alimenticio.
- Indicar los niveles de nitrógeno ureico en sangre en vaconas de reemplazo al ser suplementadas con tamo de cebada amonificado.

Hipótesis

Hipótesis nula:

El suministro de las diferentes raciones de tamo de cebada amonificado como suplemento alimenticio en vaconas de reemplazo, no tiene un efecto significativo sobre los parámetros zootécnicos y digestibilidad evaluados.

Hipótesis alterna:

El suministro de las diferentes raciones de tamo de cebada amonificado como suplemento alimenticio en vaconas de reemplazo, tiene un efecto significativo sobre los parámetros zootécnicos y digestibilidad evaluados.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LA LITERATURA

Cebada (*Hordeum vulgare L.*)

La cebada es considerada un cereal de cultivo anual que tiene una gran importancia en los sistemas de producción comunitarios de la sierra ecuatoriana, cuya siembra se la realiza al inicio de la época lluviosa procurando que la cosecha coincida con la época seca de la localidad en donde se cultive, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (2014).

Taxonomía

La clasificación taxonómica de la cebada (*Hordeum vulgare L.*) se encuentra describe a continuación.

Tabla 1

*Clasificación taxonómica de la cebada (*Hordeum vulgare L.*)*

Reino	Plantae – Plantas
Clase	Liliopsida – Monocotiledóneas
Familia	Poaceae – Familia de las gramíneas
Género	<i>Hordeum</i> – Cebada
Especie	<i>vulgare L.</i> – Cebada común
Nombre Científico	<i>Hordeum vulgare L.</i>
Nombre Común	Cebada

Nota: Clasificación taxonómica del cultivo de cebada. Autor: Ponce *et al.* (2020).

Aspectos generales

La cebada (*Hordeum vulgare L.*) es un cereal que procede de dos centros de origen ubicados al Sudeste de Asia y África septentrional. Posee un tallo erecto y grueso, con hojas estrechas de color verde claro. El sistema radicular es fasciculado, fibroso y poco profundo en comparación a otros cereales, Ponce *et al.* (2020)

Este cereal se cultiva principalmente para ser usado en la elaboración de cerveza y otros licores como el whisky, como también para la elaboración de piensos; y muy poco se usa como alimento humano y semillas, Ponce *et al.* (2020).

Producción de cebada

A nivel mundial la cebada ocupa el cuarto lugar entre los cereales más cultivados, después del trigo, arroz y maíz; con una producción de aproximadamente 160 millones de toneladas para el año 2021. El principal productor de este cereal es la Unión Europea con 51,9 millones de toneladas, seguida de Rusia con 17,5 y Australia con 13,7 millones, Producción Agrícola Mundial (2022).

En el Ecuador la cebada ocupa el segundo lugar de producción de cereales después del maíz, radicando su producción en su mayoría en la Sierra ecuatoriana en alturas que van de los 2400 a 3500 m.s.n.m. Según la estadística del INEC-ESPAC (2021), se obtuvo una producción anual de 14.107 toneladas métricas. Las provincias con mayor producción son: Chimborazo (3.217 Tm), Carchi (3.203 Tm), Pichincha (1.944 Tm) y Tungurahua (1.893 Tm).

Tamo de Cebada como subproducto agroindustrial

Los tamos y otros subproductos fibrosos son altamente disponibles, especialmente si son cultivos de cereales, estos son cosechados en función a la maduración de los granos y no por su valor nutritivo. Es decir, solo el grano del cereal es recogido y el resto de la planta queda en campo a esto se lo conoce como residuo de cosecha, que generalmente se lo almacena como pacas para ser utilizadas como compostaje, cama para animales de ganado y en algunos estudios realizados mencionan que este subproducto puede ser utilizado como alimento, especialmente para los rumiantes que tiene la capacidad de digerir alimentos lignificados, Souza *et al.* (2001).

La mayoría de los tamos sin tratar son alimentos pobres, muy escaso en elementos nitrogenados, rico en fibra y poco digestibles, sin embargo, se debe resaltar que el valor nutritivo de los tamos varía esto depende del grado de madurez de la planta que es cosechado,

la fertilización de los suelos y las condiciones climáticas que afectan directamente en la composición química y valor nutritivo de los tamos de acuerdo con García (1983). El tamo de cebada es 90 % de Materia seca y 10 % de humedad de las cuales posee el siguiente valor nutritivo 4,2 % de proteína bruta (PB), 52 % fibra ácido detergente (FAD), 75% fibra neutro detergente (FDN) y 9 % de lignina, Álvarez *et al.* (2014).

De acuerdo con la Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (2020), el tamo de cebada puede ser utilizada como alimento para rumiantes en diferentes situaciones:

- Cuando se tiene forrajes con poca fibra efectiva el cual no asegura un funcionamiento correcto del rumen, en estos casos, se puede añadir una pequeña cantidad de tamo para mejorar el pH y los procesos fermentativos en el rumen.
- Otro uso dentro de la alimentación en rumiantes se da cuando en las haciendas realizan un manejo al pastoreo o suministran forraje fresco el cual tiene niveles de proteína bajos del 28 % y menos de 35 % de FND.
- También se lo puede utilizar cuando las condiciones climáticas en donde hay escasez de forraje para equilibrar los requerimientos nutricionales de los animales se puede ofrecer el tamo como concentrado.
- Se usa en las raciones de vacas secas y novillas, cuando se quiere controlar los posibles excesos de energía o proteína en las mismas.

A pesar de su bajo valor nutritivo, el tamo puede constituir una elevada proporción de dietas de mantenimiento de rumiantes extensivos. En estos casos, se debe complementar con fuentes de energía y proteína y con un corrector vitamínico-mineral para evitar una pérdida excesiva de peso. Sin embargo, el valor nutritivo del tamo de cebada puede incrementarse notablemente mediante un tratamiento o proceso químico con amoníaco, urea o hidróxido de sodio, Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (2020).

Amonificación

El proceso químico que se aplica en los materiales fibrosos utilizando urea como fuente de amoníaco, generalmente se llama amonificación con el cual se enriquece con nitrógeno no proteico un material vegetativo fibroso considerando de baja calidad nutricional, es un método económico y de fácil implementación, Saavedra *et al.* (2013).

Está diseñada para mejorar el valor nutritivo de los materiales fibrosos con elevado contenido de pared celular, aumentando el contenido de nitrógeno del material, lo que permite la ruptura de los complejos donde la hemicelulosa se encuentra fuertemente unida a la lignina, mejora la degradabilidad al romper los enlaces que hay entre la celulosa y la lignina en las paredes celulares, esto provoca que se liberen los carbohidratos estructurales que son muy indigestibles por parte de los microorganismos, Saavedra *et al.* (2013).

Según, Pulido & Medrano (1994) los materiales fibrosos amonificados mejoran la calidad nutricional con relación a sin amonificar, en donde existe un incremento en la digestibilidad de la materia orgánica y aumento el contenido de nitrógeno en el tamo (Tabla 2).

Tabla 2

Resultados obtenidos en levante de novillas alimentadas con tamos amonificado y tamo sin tratar

Parámetro	Tamo sin tratar	Tamo amonificado	Incremento
Nitrógeno total %	0,90	2,18	1,28
Digestibilidad de la materia orgánica (%)	42,8	55,4	12,6
Consumo de tamo (Kg/100 Kg PV)	1,95	2,77	0,82
Incremento de peso (g/días)	550	766	21
Valor Kg aumento de peso (Kg)	735	615	120

Nota: Incremento de varios parámetros analizados para el levante de novillas alimentadas con tamo amonificado y tamos sin tratar. Autor: Pulido & Medrano (1994).

Otros estudios realizados por Córdova (2019), en el mejoramiento del valor nutritivo del rastrojo de cosecha de maíz para uso de alimentación en rumiantes, utilizó dos fuentes de amonio para el proceso amonificado del producto, donde indica que el contenido de energía se incrementó de manera proporcional al porcentaje de digestibilidad; lo cual es un indicativo del valor nutritivo, que puede favorecer su uso en la alimentación animal (Tabla 3).

Tabla 3

Contenido de energía de *rastrojo de maíz con diferentes niveles de urea e hidróxido de sodio*

Tratamientos	Energía (Macal/Kg)	Tratamientos	Energía (Macal/Kg)
T1 (Control)	0,77	T4 (9% de Urea)	1,46
T2 (3% de Urea)	1,06	T5 (1 % de NaOH)	1,3
T3 (6% de Urea)	1,26	T6 (2 % de NaOH)	138

Nota. Contenido de energía del rastrojo de maíz tratado con diferentes dosis de urea e hidróxido de sodio. Autor: Córdova (2019).

En forma general el tratamiento de los tamos o pajas tiene como objetivo conservar y mejorar el valor nutritivo del subproducto. Algunas investigaciones han demostrado que la amonificación con urea o amoniaco produce incremento en la digestibilidad de la materia orgánica y aumento en el contenido de nitrógeno en el tamo, lo que provoca que animales que son alimentados con amonificado tengan un incremento en el consumo voluntario del alimento, mejora la conversión alimenticia y en la ganancia de peso. Cabe recalcar que el consumo de un producto amonificado se puede ofrecer al animal hasta el 2% de su peso vivo en materia seca, Cardona (2013).

Elementos que intervienen en la amonificación

- **Urea:** Es una fuente indirecta de amoniaco, se trata de un fertilizante sólido granulado que contiene 46% de nitrógeno. Se produce sintéticamente combinando amoniaco y dióxido de carbono. La urea se descompone fácilmente por la acción de las enzimas y

produce amoníaco que se utiliza comúnmente como fuente de dicho elemento, en la fertilización de cultivos y praderas, García O. & García D. (2004).

La amonificación es una técnica química que le permite al ganadero hacer un mejor uso de los residuos de cosecha al incrementar su valor nutricional. El tratamiento con urea ha demostrado que mejora el valor nutritivo de los forrajes de baja calidad por el efecto del ion amonio en los carbohidratos de la pared celular, Castellanos *et al.* (2017).

- **Melaza:** Es un subproducto de la molienda de la caña de azúcar de consistencia espesa, dulce y de color oscuro que queda como residuo de la cristalización del azúcar de caña. Se emplea principalmente como alimento valioso para la engorda y como suplemento energético para alimentación de rumiantes por su alto contenido de azúcares, Arias *et al.* (2012).

Este subproducto ayuda a estimular el crecimiento de la flora ruminal, por lo que los rumiantes aprovechan de manera más efectiva los alimentos fibrosos como la paja, el heno, etc. De esta manera la melaza incrementa la digestibilidad de los forrajes, por lo cual, aumenta el valor alimenticio de toda la ración, Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar (2016).

El contenido nutricional de la melaza es de 75 a 83% de materia seca, 30 a 40% de sacarosa, 2.5 a 4.5% de compuestos nitrogenados (predominado aspartato y glutamato) y aproximadamente, 0.4 a 1.5% de nitrógeno. El contenido de proteína cruda es bastante bajo (cerca del 3%) y variable, el contenido de ceniza varía de 8-10%, constituido principalmente por K, Mg, Ca, Cl y sales de azufre, Michel (2009).

- **Levadura:** Los cultivos de levaduras han sido utilizadas en la nutrición de rumiantes ya que ayudan al crecimiento de las bacterias del rumen. Existen levaduras que son excelentes fuentes de proteína, sin embargo, sin actividad como aditivo, pues las células de levadura que poseen se encuentran en su gran mayoría muertas, de esa

forma éstas no tienen actividad en el rumen, siendo apenas fuente de nutrientes para los microorganismos del tracto gastrointestinal, Valinote (2011).

En el caso de levaduras vivas promueven que el microambiente ruminal sea más estable y saludable, reduciendo los niveles de oxígeno en el rumen y estimulando el crecimiento de bacterias, principalmente éstas degradan fibras y ayudan a la prevención de acidosis. Las levaduras, combinadas en dietas con forraje, caña de azúcar, melaza o cualquier fuente de azúcar, que son ricas en fibras, son mejor degradadas resultando un mejor aprovechamiento de los alimentos, Valinote (2011).

Efectos nutricionales del amonificado

La flora ruminal que poseen los rumiantes está compuesta por bacterias y hongos que pertenecen al reino vegetal y por efecto del consumo de cantidades de nitrógeno no proteico fijado y disuelto en forma de amoniacó en la humedad del suplemento tratado, aumentan sensiblemente su población, que para mantenerse activa requiere de energía disponible de alta y rápida fermentación. De ello depende en que los rumiantes puedan aprovechar mejor los nutrientes contenidos en los forrajes toscos y de baja digestibilidad, Botero (2017).

Según Botero (2017), indica que el producto amonificado tiene algunos efectos nutricionales positivos para los rumiantes, los cuales se mencionarán a continuación:

- La amonificación permite conservar los almidones y azúcares, de alto valor energético, en la forma original en la que se encuentran en el alimento, evitando su pérdida por fermentación al convertirse en alcoholes.
- El amonio es utilizado por los rumiantes como fuente de nitrógeno para la síntesis de proteína de alta calidad, que es absorbida en el intestino, y a su vez esta gran cantidad de proteína es disponible para el metabolismo del animal, lo cual permitirá una mayor producción de carne o leche.

- La ruptura de las cadenas de lignocelulosa, causada por el amonificado, libera a la celulosa y a la hemicelulosa de la lignina, permitiendo así que sean diferidas por la flora ruminal, como fuentes de energía.
- El amonificado conserva las proteínas verdaderas, sean estas fermentables en el rumen o sobrepasantes, contenidas originalmente en los materiales tratados.
- La amonificación de materiales fibrosos eleva la digestibilidad de la materia orgánica y aumenta el contenido de nitrógeno, esto hace que los animales que son alimentados con estos subproductos tengan un incremento en el consumo voluntario de alimento, lo cual mejora la conversión alimenticia y en la ganancia de peso.

El uso de la urea en la alimentación de bovino de leche

La urea es utilizada comúnmente como un fertilizante agrícola; sin embargo, desde hace muchos años se han realizado estudios donde usan la urea en dietas de animales de producción, ya que provee de nitrógeno no proteico que, al ser de rápida degradabilidad en el rumen, permite el crecimiento poblacional de bacterias, las cual actúan en a síntesis metabólica de sus propios aminoácidos para su reproducción. Se debe hacer énfasis que al suministrar urea en las dietas de los animales se debe hacer con cuidado ya que en altas concentraciones esto puede ser toxicó para el animal ocasionando problemas en el sistema circulatorio, hígado y riñón, Araque (2001).

Lo recomendable para proveer a los animales de este componente es dar únicamente hasta el 1% del nitrógeno no proteico de la dieta y no más del 1.5 % de urea granulada de la ración del total. Se debe recalcar que el uso de la urea es justificado cuando existe una deficiencia de proteína en la dieta, pero que contiene altas concentraciones de carbohidratos, lo que va a permitir una mayor actividad de la microflora bacteriana en el rumen, Feuchter (1990).

La urea al ser el componente principal de aporte de nitrógeno, se debe conocer el uso de niveles de nitrógeno ureico en sangre (NUS) como guía para la suplementación proteica y

energética en bovinos, este parámetro es un indicador de la calidad de la dieta que consumen las vacas.

De acuerdo a Tadich (2011), menciona en su investigación que estos valores pueden variar dependiendo del contenido de proteína de las dietas, dependiendo de esto se puede determinar cómo se encuentra el estado del ambiente ruminal y el equilibrio entre de energía que se requieren para la formación de la proteína bacteriana y para suplir los requerimientos del animal sin alteraciones metabólicas y por ende, se puede saber cuánta proteína se degrada en el rumen, proteína no degradable en rumen, función renal y hepática.

El exceso de nitrógeno en una dieta puede provocar la formación de urea en altas concentraciones, y estas son eliminadas en leche y orina por ende esto ocasiona problemas productivos, costos y en requerimientos energéticos para el animal, Armijos (2017).

Ventajas y desventajas del uso de la amonificación

Según Saavedra *et al.* (2013), mencionan las ventajas y desventajas del uso de la amonificación de residuos de cosecha, las cuales se mencionarán a continuación:

Ventajas

- La amonificación se puede realizar con múltiples materiales, eligiendo a los de mayor disponibilidad y de menor precio.
- La amonificación además de conservar el subproducto mejora la calidad nutricional de los productos tratados y almacenados mediante este sistema, es decir, conservar los almidones y azúcares de alto valor energético en la forma original, lo que previene su fermentación al convertirse en alcoholes.
- La elaboración del amonificado puede hacerse de forma artesanal, sencilla y de bajo costo, ya que no requiere de maquinaria e infraestructura sofisticada y costosas.
- Aumenta el consumo de los forrajes toscos o muy fibrosos los cuales son de alta disponibilidad durante época seca.

Desventajas

- Puede existir el riesgo de que al momento de hacer el proceso del amonificado, al estar el material húmedo compactado y almacenado herméticamente y expuesto en sol directo, se produzca una sustancia tóxica denominada Methylimidazole, el cual causa incoordinación motora e histeria en los rumiantes que consumen los suplementos amonificados, Saavedra *et al.* (2013).

Generalidades de las vacas

Las vacas o en general los bovinos se caracterizan por ser rumiantes al tener la capacidad de poder alimentarse de forraje, ya que degradan sus hidratos de carbono estructural, como es el caso de la celulosa, la hemicelulosa y pectinas, cada una de ellas son poco digestibles para todas aquellas especies que no poseen un sistema digestivo de rumiantes. Los bovinos, como todos los mamíferos, no poseen enzimas para degradar la celulosa que se encuentra en la pared de los pastos. Es por lo que, para aprovechar las fuentes de energía, poseen un sistema digestivo con una microflora simbiote encargada de fermentar y aprovechar los polisacáridos insolubles, Innovatine (2019).

Clasificación zoológica

La clasificación general de los bovinos se presenta a continuación (Tabla 4)

Tabla 4

Clasificación zoológica de bovinos

Reino	Animalia
Filo	Chordata
Subfilo	Vertebrata
Clase	Mammalia
Orden	Artiodactyla
Suborden	Ruminantia

Reino	Animalia
Familia	Bovidae
Género	Boss
Especie	B. <i>Taurus</i>

Nota. Clasificación zoológica de bovinos. Autor: Rey (2016).

Requerimientos nutricionales de novillas de remplazo

Son aquellas sustancias químicas, que el animal requiere para cubrir sus necesidades nutritivas, destinadas a mantener el funcionamiento normal de los procesos vitales, claro está que para cumplir su función esta influenciado por una serie de factores como es la raza, edad, peso, nivel de producción, clima, consumo voluntario, Lanuza (2006).

Para los animales que están en crecimiento y aumento de peso como es el caso de las novillas de reemplazo, los nutrientes son esenciales para el desarrollo estructural y su función reproductora, para que las novillas puedan alcanzar a la pubertad a los 14 y 15 meses de edad aproximadamente, deber ser criadas adecuadamente, y esto va depender de tres factores fundamentales que es peso, edad y raza, sin embargo se ha identificado que el factor más importante es el peso, que está relacionado con la condición corporal y ganancia de peso diario, Lanuza (2006).

Las raciones de las vacas de leche se deben formular combinando uno o dos forrajes que aporten fibra, concentrados que aporten proteína y energía, sales minerales, vitaminas, probióticos entre otros, Lanuza (2006).

Las necesidades nutricionales que requiere las novillas por edad en meses y peso en kilogramos (Tabla 5), dependiendo de estos dos factores que se mencionan los porcentajes necesarios de proteína y demás requerimientos que el animal debe ingerir para un crecimiento adecuado, Cerdas (2013).

Tabla 5

Requerimientos nutricionales para vacas de remplazo según su edad y peso

Parámetros	Edades (meses)		
Edad (meses)	3-6	7-12	13-18
Peso (kg)	125	240	350
Consumo (kg en MS)	3-5	5-7	7-9
Proteína cruda	16	15	14
ENm (Mcal/kg en MS)	1,72	1,46	1,43
FDN	23	25	25
FDA	19	22	22
Ca	0,5-0,6	0,4-0,5	0,4-0,5
P	0,38	0,34	0,30
Minerales	0,30	0,30	0,30

Nota. Energía metabolizable (ENm), Fibra detergente neutra (FDN), Fibra detergente Ácida (FDA), Fibra detergente neutra (FDN), Calcio (Ca), P(Fosforo). Autor: Cerdas (2013).

Según Wattoux (2003), una vaca de remplazo con edades pasado los 12 meses deben presentar pesos aproximados entre 220 a 300 kg, con una ganancia de peso de 0,567 kg/día, que permita un desarrollo correcto y una buena fermentación ruminal. Pueden alimentarse de forrajes, suplementos de minerales y concentrados, sean estos de alta o baja calidad, es decir si hablamos de una dieta correcta se les puede proveer de raciones diarias de 5 a 6 kg de forraje y concentrados entre 1.4 a 1.8 kg, mientras que dietas deficientes en nutrientes, en cuanto forraje y concentrados se les puede ofrecer 4 a 5.5 kg de forraje y 2.3 a 2.7 kg de concentrado.

Digestibilidad y degradabilidad en rumiantes

La fisiología de los rumiantes posee unas características muy particulares, anatómicamente el estómago del rumiante está conformado por cuatro compartimentos: rumen, retículo, omaso y abomaso, ocupando aproximadamente el 75% de la totalidad de la cavidad abdominal. La degradación se lleva a cabo fundamentalmente por digestión fermentativa, es decir, no depende de la acción de enzimas digestivas, Innovatione (2019).

Estos procesos de fermentación los realizan una serie de microorganismos, que se encuentran alojados en el rumen, de manera que al alimentar a estos animales con forrajes fibrosos (contienen celulosa, hemicelulosa, lignina, pectina y almidón) es necesario tener en cuenta que se está alimentando a los microorganismos ruminales y que, por tanto, debe garantizarse que se encuentran en un medio favorable para que puedan desarrollarse. Es así como se establece una relación de simbiosis entre estas bacterias y el animal, Arias *et al.* (2012).

El rumen es un saco musculoso de fermentación que puede contener de 100 a 120 Kg de materia en digestión, donde las partículas de fibra se quedan en este compartimiento por un lapso de 20 a 48 horas, ya que la fermentación es un proceso lento. Algunos productos finales de fermentación se absorben también en el omaso, pero la principal función de este órgano es de absorber el agua. Los productos fermentados que salen del omaso pasan al abomaso y es aquí donde segrega jugo gástrico (ácido clorhídrico y enzimas digestivas) en la masa alimenticia, continuando con la digestión enzimática, Arias *et al.* (2012).

En definitiva, la digestión en los rumiantes es un proceso dinámico que implica la digestión y deglución de los alimentos y la excreción de líquidos, bacterias y alimentos residuales no digeridos. La renovación del contenido ruminal tiene un gran impacto en la eficiencia alimenticia, con una relación inversa entre el índice de pasaje y la degradación del alimento, Kamande (2006).

Microflora del Rumen

El rumen provee un ambiente ruminal adecuado donde se puede desarrollar un complejo microbiota simbiote que incluye bacterias, hongos y protozoarios. Esta flora microbiana se adapta al consumo de vegetales y aprovecha los polisacáridos insolubles como la celulosa y hemicelulosa para producir azúcares sencillos, Fraga (2010).

Según Grudsky & Arias (1983), mencionan que aproximadamente un 4% del volumen total del líquido ruminal corresponde a un volumen microbiano, del cual un 50% corresponde a un volumen bacteriano y el otro 50% a un volumen protozoario.

La actividad metabólica de la microflora simbiote es responsable de la digestión del material fibroso que consume el rumiante y sus productos finales y desechos son utilizados por el animal como fuente de energía, proteína, vitaminas de alto valor biológico y elevada digestibilidad intestinal, Grudsky & Arias (1983).

Para comprender mejor las relaciones microbianas en el rumen, es de importancia entender y describir su diversidad y cómo las cantidades y características de los microorganismos, pueden ser alteradas por diferentes factores del huésped y de la dieta. La composición de la dieta tiene una gran influencia en la diversidad microbiana del rumen ya que, si se realizan cambios en las dietas, se debe esperar un cierto tiempo de reproducción bacteriana.

Es por ello que los cambios de ración deben hacerse en forma paulatina. Aditivos como cultivos de levaduras adicionados en estos períodos promueven el crecimiento de algunas cepas de bacterias y estabilizan el rumen, Kamande (2006).

Cinética ruminal

La técnica de degradación *in situ*, ha sido ampliamente utilizada para evaluar la tasa de degradación de los alimentos en el rumen, si bien es cierto esto va a depender de los procesos digestivos de los rumiantes, donde implica múltiples interacciones entre la dieta y los microorganismos ruminales. Separar el proceso en sus distintos componentes, permite una

mejor comprensión de su dinámica y a su vez, describir la naturaleza intrínseca de los alimentos y las interacciones de los nutrientes que limitan su digestión, Naranjo & Cuartas (2011).

La cinética de degradación ruminal de la materia seca, de nitrógeno y de algunos constituyentes de la pared celular, puede estar interpretada a través de modelos no lineales, un modelo muy utilizado para realizar estudios en degradabilidad ruminal es el propuesto por Orskov y McDonal el cual se utiliza la siguiente fórmula:

$$P = a + b \cdot (1 - e^{-c \cdot t})$$

Donde:

P = degradabilidad potencial

t = tiempo de incubación

a = este representa el sustrato soluble y completamente degradable que sale rápidamente del saco de nylon.

b = representa la fracción insoluble pero potencialmente degradable del sustrato, este es degradado por los microorganismos con un proceso cinético de primer orden.

c = tasa constante de la función b .

$1-(a+b)$ = representa la fracción no degradada de la muestra.

En la ecuación se puede observar que, la degradabilidad potencial está constituida de tres fracciones en el alimento, es decir la una fracción denominada no degradable, representa al alimento que permanece en el saco después de un prolongado tiempo de incubación, la otra fracción insoluble pero que es potencialmente degradable por parte de los microorganismos de la flora ruminal y una tercera fracción rápidamente degradable que aparte del material soluble, incluye pequeñas partículas que pueden salir de los sacos de nylon. Esta ecuación ayuda a estimar las tasas de flujo para una dieta específica y a su vez, determinar la degradabilidad efectiva de la muestra en estudio, Noguera & Posada (2007).

$$\text{Degradabilidad efectiva} = a + ((b * c)/(c + k))$$

Donde:

a , b y c = son previamente definidos en la utilizando la ecuación de cinética ruminal

k = tasa de flujo de las partículas del rumen.

Para estimar la degradabilidad efectiva, es importante tomar en cuenta el ajuste de los datos al modelo y la permanencia de los horarios de incubación de los sacos de nylon, deben ir orientados a caracterizar cada una de estas dentro de la curva de degradación, esto va a depender del tipo de alimento que se desea evaluar puesto que existe de rápida y lenta degradación.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

Ubicación del área de investigación

Ubicación geopolítica

La presente investigación se realizó en los potreros de la Hacienda “El Prado – IASA 1” sede de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, ubicada en la provincia de Pichincha, parroquia Sangolquí, barrio San Fernando. Geográficamente está localizada en las siguientes coordenadas: 0°23'07" S, 78°24'53" O y altura de 2748 m.s.n.m.

Figura 1

Ubicación de los potreros de la hacienda “El Prado-IASA I”



Nota. Representación de la ubicación donde se realizó la fase experimental del proyecto, tomado de Google Earth (2022).

Ubicación ecológica

El sitio presenta las siguientes características: piso altitudinal montano bajo, con un clima templado, temperatura promedio de 14.2 °C, una precipitación promedio de 1575 mm anuales, humedad relativa de 68.4% y doce horas de luminosidad.

Materiales y equipos

Equipos y materiales para laboratorio

- Balanza analítica Mettler Toledo MS204S
- Estufa con aire forzado Binder FD 115
- Crisoles de filtración P2
- Pinzas
- Tubos Kjendahl
- Mufla Cress C1232
- Papel filtro
- Centrifugadora
- Molino de corte Thomas Willey ED54275Z10
- Destilador de nitrógeno JP Selecta.
- Vasos de precipitación 100 ml
- Matracas Erlenmeyer 250 ml
- Espátula
- Pipeta digital
- Extractor de fibra y celulosa JP Selecta 4000623
- Extractor de aceites y grasas DET-GRAS JP Selecta 4002842
- Digestor de Kjendahl JP Selecta

Equipos y materiales para campo

- Piola electroplástica de 250 m
- Espadines metálicos
- Aisladores plásticos
- Comederos
- Bebederos
- Cuadrante (1m x 1m)
- Oz
- Fundas de basura
- Mangueras plásticas
- Rastrillo
- Overol y botas
- Rótulos
- Balanza
- Báscula para ganado
- Regla zoométrica
- Libreta de campo

Equipos y materiales para digestibilidad in situ

- Vaca fistulada (50 % Monbeliarde X 50% Holstein)
- Fundas de poliéster (10 X 20 cm)
- Fundas de tela de malla
- Selladora
- Tijera
- Disecador
- Fundas de tela de lienzo
- Cuchara-espátula
- Molino de corte Thomas Willey ED54275Z10
- Balanza de precisión
- Soga delgada
- Estufa
- Bandejas de plástico
- Crisol
- Pinzas

Métodos

Elaboración del tamo de cebada amonificado

Para la elaboración del producto amonificado se utilizó pacas de tamo de cebada, las cuales fueron sumergidas completamente en una solución compuesta por urea + levadura + melaza + agua, de acuerdo a lo recomendado por Zambrano (2020). Posteriormente fueron almacenadas durante un tiempo de 30 días, en fundas plásticas negras de calibre 5 (38" x 50") y selladas al vacío con la ayuda de una aspiradora.

Pasado este tiempo se procedió a racionar este subproducto a los animales del ensayo. Para toda la experimentación se utilizó 3675 kilos de tamo amonificado, el cual se elaboró en 10 tandas de 25 pacas de tamo con intervalo de 10 días, según el siguiente protocolo:

El tamo de cebada se seleccionó de acuerdo a su calidad y peso para obtener uniformidad, descartando pacas que presenten un estado de descomposición. El peso promedio de las pacas fue de 15 kilogramos. Para la elaboración de la solución química se procedió a realizar los siguientes cálculos, propuestos por Zambrano (2020). Tener en cuenta que se usaron 4,5 litros de solución por cada paca.

Peso promedio de la paca = 15 Kilos

Humedad del Tamo = 10%

Porcentaje de Urea = 5 % en base a la materia seca (MS) del Tamo

$$\text{Cálculo de MS} = 25 \text{ pacas} * 15 \text{ kg} = 375 \text{ kg} * 0,9\% \text{ de MS} = 337,5 \text{ kg de MS}$$

$$\text{Cálculo de urea} = 337,5 \text{ Kg de MS} * 0,05 = 16,88 \text{ kg de urea}$$

$$\text{Cálculo de mezcla} = 25 \text{ pacas} * 4,5 \text{ litros} = 112,5 \text{ litros}$$

A partir de los 112,5 litros de la mezcla total que se requiere para el proceso de amonificación de tamo de cebada, se dividió en dos partes, el 60 % para agua y el 40 % para melaza, para esto se utilizará 67,5 litros y 45 litros respectivamente.

$$\begin{aligned} \text{Mezcla total} &= 67,5 \text{ lts de agua} + 45 \text{ litros de melaza} + 16,88 \text{ kg de urea} \\ &+ 4,69 \text{ kg de levadura} \end{aligned}$$

Estas cantidades se repitieron para cada tanda realizada, tomando en cuenta que se utilizaron 25 pacas de tamo.

Adecuación de potreros

Los animales se rigieron al sistema de rotación de potreros para levante de vaconas de la Hacienda "El Prado-IASA I", el cual consta de 15 potreros con dimensiones de 33m x 40m, previamente se evaluó el estado fenológico, composición botánica y producción primaria (FV y MS) de cada uno; para la división de los potreros se procedió a delimitar con espadines metálicos y piola electroplástica.

Los potreros cuentan con el mismo sistema de manejo y alimentación (mayormente kikuyo), de los cuales cada potrero fue subdividido en tres potrerillos y en estos se colocaron bebederos y comederos según el tratamiento.

Clasificación de Animales

Para la investigación se seleccionaron 21 vaconas del cruce Montbeliarde entre 8 y 14 meses de edad con pesos promedios entre 190 kg a 220 kg, estas fueron separadas en 3 grupos de 7 animales identificadas con cintas de diferentes colores (T0 anaranjado, T1 verde,

T2 amarillo), la evaluación en campo tuvo una duración de 90 días. Previamente al inicio del ensayo a todos los animales se les realizó un control interno y externo de parásitos, para lo cual se administró albendazol 5ml/100 kg de PV y vitaminas AD3E-JB inyectable.

Periodo de adaptación

Las vaconas se ubicaron en los potreros ya divididos, donde los animales suplementados con tamo amonificado, se sometieron a una etapa de adaptación, el cual consistió en ofrecer pequeñas raciones en un lapso de 12 días, empezando de manera gradual hasta llegar a la cantidad equivalente a 1 y 2% del PV del animal, como se describe a continuación.

Día 1 al 4: 25% de amonificado para T1 (3,5 kg/animal/día) y T2 (7 kg/animal/día)

Día 5 al 8: 50% de amonificado para T1 (7 kg/animal/día) y T2(14 kg/animal/día)

Día 9 al 12: 75% de amonificado para T1 (10,5 kg/animal/día) y T2 (21 kg/animal/día)

Día 13: se ofreció la ración completa a todos los animales

Diseño Experimental

El único factor en estudio fue el tamo de cebada amonificado, el cual se administró en dos niveles 1% y 2% del PV del animal/día.

En la fase experimental se evaluaron dos tratamientos + un testigo, con 7 repeticiones, teniendo así un total de 21 unidades experimentales.

Tratamientos:

T0= Tratamiento testigo (manejo tradicional de la hacienda al pastoreo).

T1= Tamo de cebada amonificado (1% del PV del animal/día).

T2= Tamo de cebada amonificado (2% del PV del animal/día).

El tamo se dispuso en los comederos a primeras horas de la mañana y en la tarde; se determinó el sobrante y desperdicio respectivamente, para calcular el consumo diario. A los tres tratamientos se suministró de manera *ad libitum* el agua y tres veces por semana la sal mineral en cada tratamiento.

Tipo de diseño

El experimento se realizó bajo un diseño completamente al azar (DCA) sin arreglo factorial para cada variable a evaluar, teniendo en cuenta que fueron un testigo y dos tratamientos con 7 repeticiones para cada uno, para un total de 21 unidades experimentales, el mismo que corresponde al siguiente modelo estadístico lineal:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = La respuesta j ($j = 1, 2, \dots, n = 7$) en el tratamiento i ($i = 1, 2, a = 3$)

μ = Media global

τ_i = Efecto del tratamiento i en la respuesta

ε_{ij} = Error experimental al tomar la réplica j en el tratamiento i

Coeficiente de variación

Para calcular el coeficiente de variación se utilizó la siguiente fórmula:

$$CV = \frac{\sqrt{CME}}{x} \cdot 100$$

Donde:

CV= Coeficiente de variación

CME=Cuadrado medio del error

x =media

Los datos obtenidos de las variables de estudio se caracterizaron mediante un análisis exploratorio de datos o estadística descriptiva (media y error estándar). Para la evaluación del efecto de las diferentes raciones de tamo de cebada amonificado (1 % y 2 % del PV del animal/día) sobre las variables de respuesta se realizó un análisis de varianza (ANAVA). Finalmente, se utilizaron pruebas de comparación de medias, en este caso se realizaron evaluaciones de campo y laboratorio para ello se usó la prueba de Tukey y prueba de Duncan respectivamente con un nivel de significancia del 5 %, utilizando el software estadístico Infostat.

Croquis del diseño

Figura 2

Croquis experimental de la investigación

T1	T0	T1	T0	T2	T0	T1
T2	T2	T0	T2	T1	T2	T0
T1	T0	T1	T2	T0	T1	T2

Nota. Asignación de los tratamientos al azar, utilizando 21 unidades experimentales. Autoría propia.

VARIABLES DE ESTUDIO

Análisis de laboratorio

Análisis del Valor Nutritivo.

Para cada uno de los alimentos, forraje verde, tamo de cebada, tamo de cebada amonificado, se tomaron muestras compuestas de 100 g de cada uno de ellos. Las muestras se llevaron al laboratorio de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria para determinar: proteína bruta (PB) mediante la determinación de nitrógeno (N), extracto etéreo (EE), extracto libre de nitrógeno (ELN), cenizas, fibra bruta (FB), Fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA).

Cabe recalcar que se realizó un análisis de valor nutritivo previo del pasto que en gran mayoría es Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), con el fin de conocer el valor nutritivo ya que es el principal alimento que se le ofrece a las vacas de remplazo (Tabla 6).

Tabla 6

Valor nutritivo del Kikuyo

MS	Humedad	PC	EE	Ceniza	FB	ELN	FDN	FDA
20	80	13	1,46	11,55	25,1	48,9	64,9	32,6

Nota. Autoría propia.

Las muestras de tamo íntegro y tamo amonificado se secaron en una estufa con aire forzado Binder FD 115 en referencia a NTE INEN-ISO 6865 (2014), posteriormente se trituró en un molino de corte Thomas Willey ED54275Z10 para obtener partículas menores a 1mm.

Las muestras se analizaron de acuerdo con los métodos que se describen a continuación. Todos los pesos se tomaron en una balanza Mettler Toledo MS204S y los resultados se reportaron en base seca en porcentaje (p/p).

Proteína bruta (PB).

La PB se analizó mediante el método Kjeldahl en referencia NTE INEN-ISO 5983-1 (2014), con un factor de 6,25 para la conversión de nitrógeno a PB. Se utilizó un bloque digestor y un destilador Pro-Nitro ambos de la marca JP Selecta.

Extracto Etéreo (EE).

Se realizó en referencia al método oficial NTE INEN-ISO 11085 (2013), con éter de petróleo como disolvente y un extractor continuo DET- GRAS JP Selecta 4002842.

Extractos libres de nitrógeno

Por diferencia de los demás componentes del análisis proximal.

Fibra Bruta (FB).

La FB se analizó por el método con filtración intermedia en referencia a la norma NTE INEN-ISO 6865 (2014). Se utilizó un extractor de fibra y celulosa JP Selecta 4000623 y crisoles de filtración porosidad P2 para fibra.

Cenizas.

Se determinó por incineración de la muestra en referencia a NTE INEN-ISO 10002 (2015), mediante un horno mufla marca Cress C1232.

Fibra neutro detergente (FND).

El FND se determinó de acuerdo con AOAC (2019a), mediante un extractor de fibra y celulosa JP Selecta 4000623 y crisoles de filtración porosidad P2 para fibra.

Fibra ácido detergente (FAD).

La FAD se determinó de acuerdo AOAC (2019b), extractor de fibra y celulosa JP Selecta 4000623 y crisoles de filtración porosidad P2 para fibra.

Análisis de nitrógeno ureico sanguíneo

Para determinar la concentración de nitrógeno en sangre, se tomaron muestras de la vena coccígea a cinco animales por tratamiento, en tubos sin anticoagulante, estos tubos fueron etiquetados, colocados en una hielera con gel refrigerante y por último fueron llevados al Laboratorio de VeteLAB, ubicado en Machachi, para los posteriores análisis.

Degradabilidad “*in situ*” del tamo de cebada con y sin amonificado.

La degradabilidad *in situ* se realizó en una vaca fistulada de cruce Montbeliarde x Holstein del Taller de Ganadería de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Para lo cual se empleó el siguiente protocolo:

Se tomaron muestras de las pacas de forma aleatoria, para ello primero se desarmó la paca de cebada y se mezcló todo en una lona para tomar una porción representativa, de la misma forma se realizó con el tamo de cebada amonificado.

Las muestras se trituraron en un molino de corte Thomas Willey ED54275Z10 para obtener partículas de 2mm aproximadamente, luego se utilizaron fundas de tela de poliéster con dimensiones de 10 cm x 20 cm, (con tamaño de poro de 47 µm) se colocó 5 gr de cada muestra previamente secadas en la estufa a 45°C durante 72 horas, para después sellar las fundas con ayuda de una selladora de plásticos para que el material no pueda derramarse.

Las fundas con las muestras fueron colocadas de acuerdo a un orden específico por tiempo, dentro de unas mallas de tela sujeta a una soga delgada con una separación de 30 cm entre cada bolsa, con el fin de evitar que se enreden al momento de su extracción.

Las mallas de tela se las dejó dentro del rumen de la vaca fistulada por un periodo de 0 a 72 horas para que se realice el proceso de fermentación ruminal de las muestras. Conforme pasaban las horas se retiraba cada bolsa en tiempos de 0, 4, 8, 12, 16, 24, 36, 48 y 72 y se colocaron en bandejas con agua de chorro constante, a una temperatura de 12 °C hasta lavar por completo las fundas y el agua salga cristalina, con el fin de detener el proceso de digestión, para proseguir con el análisis del porcentaje de degradabilidad el cual se obtiene de la diferencia entre los pesos de las muestras antes y después del proceso de digestión, Ørskov, DeB Hovel, & Mould (1980).

$$\text{Degradabilidad in situ (\%)} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} * 100$$

Una vez terminado con el proceso de degradabilidad *in situ*, las muestras fueron llevadas al laboratorio para ser secadas en una estufa de aire forzado Binder FD 115 a una temperatura de 70°C, hasta que se sequen por completo y luego se colocaron en un desecador con el fin de prevenir la absorción de humedad y esto intervenga en el pesaje de las muestras. Con los resultados obtenidos se procesó la información en el programa Solver y luego se realizó la curva de cinética ruminal en el programa SigmaPlot, para ello se utilizó dos ecuaciones dadas por (Ørskov, DeB Hovel, & Mould, 1980) y McDonal ya mencionadas en cinética ruminal, que se indicarán a continuación:

$$\text{Ecuación 1. } P = a + b \cdot (1 - e^{-c \cdot t})$$

$$\text{Ecuación 2. } \text{Degradabilidad efectiva} = a + \left(\frac{b \cdot c}{c+k} \right)$$

Análisis en Campo

Peso vivo y ganancia de peso.

Para la variable peso vivo, así como para variable ganancia de peso, se procedió a pesar de forma individual a las vaconas, utilizando una báscula electrónica ganadera, esto se realizó al principio del experimento y posteriormente cada semana durante 90 días; para el caso del cálculo de la ganancia de peso se usó la siguiente fórmula:

$$GP = \frac{Pf - Pi}{N^{\circ} \text{ de días}};$$

Donde:

GP: Ganancia de peso (kg/día).

Pf: Peso final (kg).

Pi: Peso inicial (kg).

Nº de días: Días transcurridos entre el pesaje inicial y pesaje final.

Condición Corporal.

Se evaluó por semana, utilizando la escala de Edmonson, propuesta por Morales y Cavestany (2015), la misma que usa una puntuación de 1 a 5, con una discriminación de hasta 0.25 puntos. La pelvis y el lomo fueron las áreas anatómicas evaluadas, de forma lateral se evaluó la punta de la cadera o cresta ilíaca y la tuberosidad isquiática, donde se usó la punta de anca como referencia y a partir de esta lectura se clasificó para los animales de acuerdo a: un grupo con condición corporal igual o menor a 3 (formación de una V) y otro grupo con condición corporal mayor a 3 (formación de una U).

Altura de la Grupa.

Esta variable se midió semanalmente con una regla zoométrica, desde la base de las patas traseras hasta la altura de la grupa la cual está comprendida entre el lomo y la cola, correspondiente a la pelvis y tiene por base ósea el sacro y los coxales, Bavera (2008).

Altura de la Cruz.

Este parámetro se midió semanalmente con una regla zoométrica, desde la base de las patas delanteras hasta la altura de la cruz que está localizada en el cuello específicamente entre los omóplatos del animal, Bavera (2008).

Consumo del Alimento.

El consumo de alimento diario del producto amonificado se determinó de forma grupal por tratamiento; se calculó mediante la diferencia de peso entre el alimento ofrecido y el residuo. Estos datos se tomarán dos veces por semana.

De la misma forma se realizó para el consumo de forraje verde al pastoreo, tomando en cuenta que se calculó por diferencia entre el forraje disponible antes de introducir los animales y el residual después que estos salen de la pastura, Hammeleers (2020).

Conversión Alimenticia.

La conversión alimenticia está dada por el número de kilogramos de alimento consumido para incrementar el peso vivo de un ganado en un kilogramo, usualmente es medido en un periodo determinado, este valor sirve para evaluar el resultado de un ciclo de alimentación cuando ha llegado a su fin, debido a que involucra varios aspectos como: calidad nutritiva, calidad de la mezcla, estrategia de suministro de la ración, manejo de animales, INTAGRI (2021). Para evaluar la conversión alimenticia (CA) se aplicó la siguiente fórmula:

$$CA = \frac{\text{Consumo del alimento en MS}}{\text{Ganancia de peso en Kg}}$$

Condición de las Heces.

Esta variable se midió de acuerdo a los cinco tipos de consistencias que se reportan en la investigación realizada por Bavera y Peñafort (2006), los cuales clasifican las heces en cinco categorías, cada una describe el color, olor y consistencia que debe tener con un error de 0,25 puntos que se mencionan a continuación (Tabla 7).

Tabla 7

Clasificación de las heces de bovinos según su consistencia y forma

Clasificación	Descripción	Color
Consistencia 1	Líquida, diarreica no tiene forma en el suelo	Verde oscuro
Consistencia 2	Blanda: las heces son pastosas, de alrededor de un cm de altura, se crea como un leve cráter en la superficie	Levemente grisácea
Consistencia 3	Correcta o balanceada: consistencia de papilla espesa, de unos 2 a 3 cm de altura, perfectamente formada.	Verde amarillento
Consistencia 4	Firme: heces moderadamente espesas, de consistencia dura	Verde amarillento
Consistencia 5	Dura: heces sin forma de torta, se forman anillos consistentes, duras y secas.	Marrón oscuras

Nota. Escala de la consistencia y forma de las heces en bovino. Autor: Bavera & Peñafort (2006).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Valor nutritivo del tamo de cebada amonificado y sin amonificar

A continuación, se presentan los resultados sobre el análisis del valor nutricional en el tamo amonificado y sin amonificar obtenido mediante análisis proximal.

Tabla 8

Composición nutricional del tamo de cebada amonificado y sin amonificar

Indicadores	Amonificado	Sin Amonificar	EE	p-valor
Materia seca, %	83,78 ^a	86,53 ^b	0,03	< 0,001
Humedad, %	16,22 ^a	13,47 ^b	0,03	< 0,001
Proteína Bruta, %	11,51 ^a	2,84 ^b	0,07	< 0,001
Extracto Etéreo, %	0,41 ^a	0,53 ^b	0,01	0,003
Ceniza, %	8,63 ^a	6,94 ^b	0,07	< 0,001
Fibra Bruta, %	37,06 ^a	47,71 ^b	0,23	< 0,001
Extracto libre de N., %	42,39 ^a	41,99 ^a	0,26	0,3150
Fibra Detergente Neutra, %	67,23 ^a	82,09 ^b	0,18	< 0,001
Fibra Detergente Ácida, %	47,15 ^a	58,25 ^b	0,18	< 0,001

Nota. Error estándar (EE), letras distintas entre filas difieren estadísticamente según Duncan ($p < 0,05$). Autoría propia.

Materia seca (MS) y humedad

El contenido de materia seca y humedad presentó diferencias significativas entre el tamo amonificado y el tamo sin amonificar ($p < 0,001$). El tratamiento de tamo amonificado presentó menor porcentaje de MS frente al tamo sin amonificar (Tabla 8), lo que coincide con lo expuesto por Saavedra *et al.* (2013), que mencionan una disminución del contenido de MS al momento de realizar el amonificado debido a que el material en la amonificación debe ser hidratado.

De acuerdo con Ruiz *et al.* (2006), en su investigación también obtuvieron resultados con la misma tendencia, teniendo así un menor porcentaje de MS al usar cascarilla de avena amonificada que al usar cascarilla de avena sin amonificar.

El contenido de humedad tiene estrecha relación con la MS del material, ya que si la MS reduce este valor tiende a aumentar y viceversa. Por este motivo en los resultados se puede notar que el tamo amonificado presenta mayor porcentaje de humedad (Tabla 8).

Proteína cruda (PC)

El contenido de proteína cruda presentó diferencias significativas entre el tamo amonificado y el tamo sin amonificar ($p < 0,001$). El tamo amonificado registró un incremento de 8,17% en la PC (de 2,84 a 11,51) en comparación al tamo sin amonificar (Tabla 8).

Lo antes mencionado concuerda con lo descrito por Saavedra *et al.* (2013), quienes amonificaron residuos de cosecha de *Zea mays* y obtuvieron un incremento de más del 100% de PC, esta tendencia de incremento también fue reportada por Benito *et al.* (2001), mencionan en su investigación un incremento de 2,98% al 9,03% en el tamo de cebada amonificado; de la misma manera Zambrano (2020), reporta en su investigación un incremento de la PC de 6,72% en tamo de cebada sin tratar a 18,31% en tamo amonificado. Este incremento de la PC se debe a la incorporación del nitrógeno de la urea a través de la amonificación.

Extracto etéreo (EE)

Existió diferencias significativas en el contenido de extracto etéreo en el tamo amonificado que alcanzó mayor contenido que el tamo sin amonificar ($p = 0,003$) (Tabla 8). Los resultados obtenidos concuerdan con lo expuesto por Benito *et al.* (2001), quienes mencionan en su investigación, una reducción del EE de 1,33% a 1,02% al amonificar el tamo de cebada. De la misma manera Ponce & Romero (2014), en su investigación sobre amonificación del rastrojo del maíz, también obtuvieron resultados con la misma tendencia, teniendo en su control sin amonificar 3% de EE el cual al pasar por el proceso químico de amonificación se reduce hasta llegar a 2,62 %.

Cenizas

El contenido de ceniza presentó diferencias significativas entre el tamo amonificado y el tamo sin amonificar ($p < 0,001$). El tamo amonificado mostro un incremento de 1,69% en la ceniza en comparación al tamo sin tratar (Tabla 8), lo que concuerda con lo expuesto por Hurtado *et al.* (2021), menciona un incremento de ceniza de 5,67% a 7,20% al amonificar el bagazo de caña de azúcar con un nivel de inclusión de urea del 5%.

Por lo contrario, Ponce & Romero (2014), mencionan que no existe diferencias significativas en la panca de maíz al comparar el control sin amonificar con los tratamientos de amonificación durante 21, 28 y 35 días de incubación del material. El incremento de los valores de ceniza puede estar relacionados con el aporte mineral de la urea y la melaza.

Fibra Bruta

Existió diferencias significativas en el contenido de fibra bruta en el tamo amonificado y el tamo sin amonificar ($p < 0,001$). El tamo amonificado presentó una reducción de 10,65% en la fibra bruta en comparación al tamo sin tratar (Tabla 8), lo que coincide con lo expuesto por Aguirre *et al.* (2017), que obtuvieron una reducción del 44,57% a 41,29% en el contenido de fibra bruta al utilizar un nivel de urea del 6% en la amonificación del rastrojo de maíz.

Extracto libre de nitrógeno (E.L.N.)

No se presentó diferencias significativas para el E.L.N. del tamo amonificado y el tamo sin amonificar ($p = 0,3150$), ya que presentaron valores de 42,39% y 41,99% respectivamente, lo que no concuerda con lo expuesto por Zambrano (2020), que menciona en su investigación una reducción en el E.L.N. de 40,76% a 29,93% en el tamo de cebada después de pasar por el proceso químico de amonificación.

Fibra detergente neutra (FDN)

El contenido de FDN presentó diferencias significativas ($p < 0,001$). El tamo amonificado mostró una reducción del 14,8% de la FDN en comparación al tamo sin tratar (Tabla 8), esto concuerda con lo encontrado por Saavedra *et al.* (2013), quienes reportaron una reducción en

la FDN del 86% al 80,1% en residuos de cosecha de *Zea mays* amonificados; de la misma forma, Ponce & Romero (2014) en su investigación presentaron una disminución de la FDN del 70,28% al 61,91% en la panca de maíz amonificada durante 28 días.

Fibra detergente acida (FDA)

Existió diferencias significativas en el contenido de FDA ($p < 0,001$). El tamo amonificado presentó una reducción del 11,1% de la FDA en comparación al tamo sin tratar (Tabla 8), esto coincide con lo encontrado por Saavedra *et al.* (2013), quienes reportan una reducción en la FDA del 62,3% al 54,1% en residuos de cosecha de *Zea mays* amonificados; de la misma forma, Ponce & Romero (2014) en su investigación presentaron una disminución de la FDA del 46,62% al 42,73% en la panca de maíz amonificada durante 28 días.

Análisis de nitrógeno ureico en sangre (NUS)

Tabla 9

Valores de nitrógeno ureico en sangre (mg/dL) medidos en la semana 1 y semana 14 de haber transcurrido la experimentación

Tratamiento	Semana 1	Semana 14
T0	10,15	12,09
T1	10,21	15,78
T2	10,18	15,62

Nota. Nitrógeno ureico en sangre (NUS). Resultados obtenidos en el laboratorio de VeteLAB.

De Acuerdo Hammond (1998), menciona que en vaconas de crecimiento rápido las concentraciones de nitrógeno ureico en bovinos en general deben ser entre 6,7 a 18,2 mg/dL, si estos son menores, es un indicativo que existe deficiencia relativa de proteína en la dieta, de la misma manera, si estas concentraciones son mayores de 19 a 20 mg/dL, significa que puede existir una reducción de las tasas de concepción y preñez en vacas lecheras. Otros estudios

indicaron niveles de nitrógeno ureico en sangre en vacas lecheras sometidas a raciones con nitrógeno no proteico (urea) y fuentes de energía, entre 16,46 y 17,54 mg/dL, Armijos (2017).

Lo mismo sucede con investigaciones realizadas por Ortiz *et al.* (2013), que reportaron concentraciones de urea en sangre de 17,2 mg/dL en vaconas no gestantes alimentadas con suplementos de pollinaza como fuente proteica.

Degradabilidad “*in situ*” de la materia seca

A continuación, se exponen los resultados obtenidos de la degradabilidad *in situ* de la MS (Tabla 10), medida en diferentes intervalos de tiempo como son: 0, 4, 8, 12, 16, 24, 36, 48, y 72 horas.

Tabla 10

Degradabilidad ruminal de la MS del tamo de cebada amonificado y sin amonificar a diferentes tiempos de incubación

Tiempo (h)	Amonificado	Sin amonificar	EE	p-valor
0	22,58 ^a	9,41 ^b	0,18	<0,0001
4	23,28 ^a	9,52 ^b	0,26	<0,0001
8	26,24 ^a	12,40 ^b	0,65	<0,0001
12	34,31 ^a	18,23 ^b	0,78	<0,0001
16	35,48 ^a	19,20 ^b	0,55	<0,0001
24	36,57 ^a	20,12 ^b	0,50	<0,0001
36	43,19 ^a	25,53 ^b	0,74	<0,0001
48	54,78 ^a	34,73 ^b	0,50	<0,0001
72	57,62 ^a	38,13 ^b	0,58	<0,0001

Nota. Letras distintas entre filas difieren estadísticamente ($p < 0,05$) según Duncan. Autoría propia.

Al analizar los resultados obtenidos sobre la degradabilidad ruminal de la MS del tamo amonificado y sin amonificar (Tabla 10), se observaron diferencias significativas en los tiempos

de incubación evaluados ($p < 0,0001$), presentando una fracción soluble en el tiempo cero de 22,58% en el amonificado y de 9,41% en el tamo sin amonificar, esto se lo puede atribuir a la breve asimilación de los azúcares que contiene la melaza, material utilizado para el proceso de amonificación.

Según Slanac *et al.* (2019), en su estudio sobre la degradabilidad de la materia seca del heno de *Chloris gayana* al usar diferentes porcentajes de urea, obtuvieron resultados similares, con diferencias estadísticas significativas a las 0 y 96 horas de haber transcurrido la experimentación.

Cinética de degradación ruminal *in situ* de la MS

Las características de la cinética de degradación ruminal de la MS del tamo de cebada amonificado y sin amonificar (Tabla 11), con datos obtenidos (Tabla 10).

Tabla 11

Cinética de la degradación ruminal in situ de la MS del tamo de cebada amonificado y sin amonificar

Parámetros	Amonificado	Sin amonificar	EE	p-valor
A (%)	22,57 ^a	9,41 ^b	0,18	<0,0001
B (%)	35,04 ^a	28,72 ^b	0,69	0,0002
kd (%/h)	1,71 ^a	1,39 ^a	0,15	0,1805
A+B (%)	57,62 ^a	38,13 ^b	0,58	<0,0001
DE (2 %/h)	38,56 ^a	20,99 ^b	0,58	<0,0001
DE (5 %/h)	31,42 ^a	15,57 ^b	0,45	<0,0001
DE (8 %/h)	28,69 ^a	13,61 ^b	0,35	<0,0001

Nota. Letras distintas entre filas difieren estadísticamente ($p < 0,05$) según Duncan. Autoría propia.

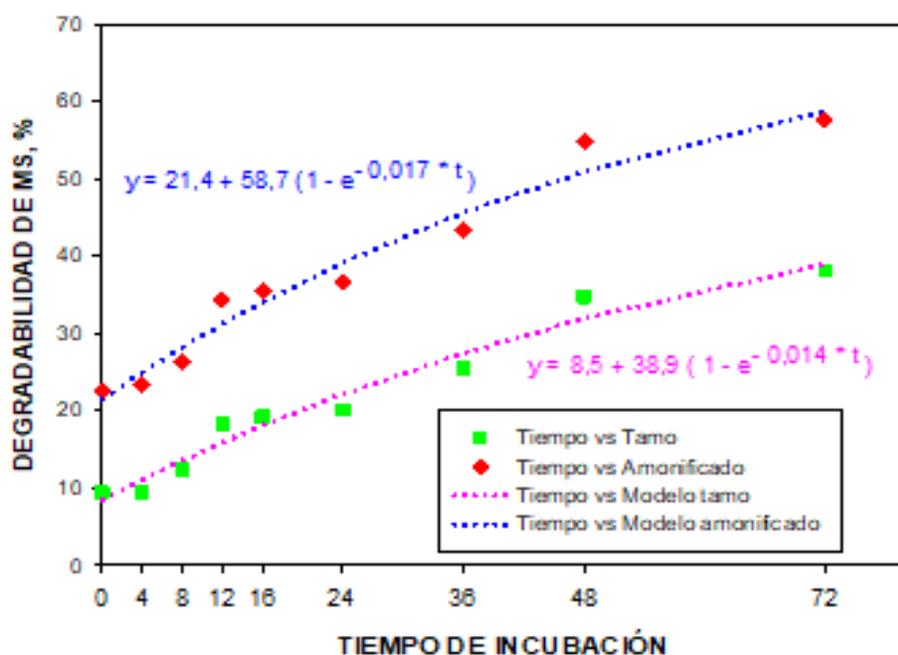
La cinética de la degradación ruminal de la MS de tamo de cebada amonificado y sin tratar, presentó diferencias significativas en casi todos los parámetros evaluados a excepción

del kd (Tabla 11). La fracción soluble fue mayor en el tamo de cebada amonificado, con un valor de 22,57%, de la misma manera la fracción insoluble pero potencialmente degradable presentó valores de 35,04% en comparación al tamo sin amonificar que presentó un valor de 28,72% en esta fracción, con una tasa de degradación constante de la fracción B de 1,71 %/h para el tamo amonificado que no difiere estadísticamente del 1,39 %/h del tamo sin amonificar.

Adicionalmente, se evaluó la degradabilidad efectiva (DE) para tres tasas de pasaje diferentes (2, 5, y 8%/h), teniendo como resultado que en el tamo amonificado muestras diferencias significativas para todas las tasas de pasaje evaluadas en comparación al tamo sin amonificar. En la Figura 3 se puede observar el comportamiento de la degradabilidad de la MS tanto para el tamo de cebada amonificado y sin amonificar en los diferentes intervalos de tiempo, con estos datos obtenidos y el uso de la función Solver, que se encuentra incorporada en la hoja de cálculo Microsoft Excel, se puede ajustar y obtener un modelo matemático que puede ser usado en la estimación de los parámetros de cinética ruminal.

Tabla 12

Curva y ecuación de degradabilidad in situ del tamo de cebada amonificado y sin amonificar



Nota. Autoría propia.

Parámetros zootécnicos

Ganancia de peso diario

Los resultados del análisis de varianza para las vaconas que fueron sometidas a una suplementación de dos tratamientos y testigo de tamo de cebada amonificado (Tabla 12).

Tabla 13

Análisis de varianza para la variable ganancia de peso en vaconas de remplazo

Fuente de Var.	Gl	S. Cuad	C. Medio	F-valor	p-valor
Tratamiento	2	0,11	0,056	69,30	<0,0001
Error	18	0,01	0,001		
Total	20	0,13			
CV %			6,56		
Media			0,435		

Nota: Ganancia de peso en vaconas de remplazo. Autoría propia.

Se encontró efecto significativo de las diferentes raciones de tamo amonificado sobre la ganancia de peso diario de las vaconas de remplazo ($F_{2;18}=69,30$; $p=0,0001$); con un coeficiente de variación de 6,56 y con una ganancia de peso promedio de 0,435 kg/animal/día.

Tabla 14

Promedio \pm EE de la ganancia de peso diaria en vaconas de remplazo

Tratamiento	Ganancia de peso (kg/día)
Testigo (T0)	0,34 \pm 0,01 ^a
Amonificado al 1 % del PV (T1)	0,45 \pm 0,01 ^b
Amonificado al 2 % del PV (T2)	0,52 \pm 0,01 ^c

Nota. Letras distintas difieren estadísticamente ($p<0,05$) según Tukey.

Autoría propia.

Se observan diferencias significativas entre los tratamientos (Tabla 13), donde el tratamiento con mayor ganancia de peso fue el de las vaconas suplementadas con el

tratamiento 2 con un promedio de 0,52 kg/animal/día, a diferencia de las vaconas que recibieron el tratamiento 1, con un promedio de 0,45 kg/animal/día y para las vaconas testigo con 0,34 kg/animal/día.

Los efectos positivos del tamo de cebada amonificado (ración de 2% de PV/animal) sobre la ganancia de peso coinciden con algunas reportaciones de varios autores quienes indican altos rendimientos, ya que este tipo de alimento aporta con proteína sobrepasante, energía y palatabilidad, los cuales tienden a cubrir con los requerimientos nutricionales de los animales que se encuentran en pleno crecimiento y desarrollo.

Esto lo reafirma Zamora (2008), que menciona en su investigación realizada en toretes Cebú, suministrando tres dietas diferentes con base de tamo de arroz + pollinaza como fuente de nitrógeno, adicionando otros ingredientes como melaza, minerales y harina de arroz similar a al proceso amonificado, en este estudio se evaluó el peso vivo de los animales durante un periodo de 105 días, la ganancia de peso diario de estos animales oscilaba entre 1.012 g/día y 840 g/día con dietas de 57,7 % y 47,1 % de tamo de arroz + excretas de pollo respectivamente esto se debe a que este tipo de dieta apporto con energía y palatabilidad al alimento.

De acuerdo con Villanueva & San Martin (1997), obtuvieron en bovinos, ganancias de peso diaria acumulativa que fluctuaron de 0,634 kg a 0,846 kg cuando estos fueron suplementados con paja de arroz amonificado más proteína sobrepasante y recibieron una dieta de forraje fresco a base de *Rye grass*.

A si mismo otros autores mencionan que realizaron pruebas de consumo de paja de arroz amonificada y suplementados con concentrado a base de harina de arroz, el cual ofrecieron dos raciones de tamo amonificado+250 g/día de harina de arroz y tamo amonificado + 500 g/día de harina de arroz, obtuvieron resultados similares a nuestro estudio sobre ganancia de peso siendo este de 286 y 595 gr/día respectivamente, al comparase con ganancias de 179 gr/día en animales que consumieron paja no tratada, Martínez (1988).

De la misma manera otros estudios reportaron ganancias de pesos diarias que fluctuaban entre 497 y 601 gr/día/animal cabe recalcar que todos los animales fueron alimentados con tamo de arroz amonificado, torta de algodón, bloques multinutricionales y en conjunto forman un suplemento de alta calidad nutritiva, facilitando la conversión de residuos en alimento y a su vez se suministran proteína de alta calidad y minerales, cumpliendo así los requerimientos nutricionales del animal, Cardona (2013).

Al utilizar suplementos en base a concentrados nitrogenados de baja carga ruminal, en bovinos alimentados con forrajes pobres en proteína cruda y alto contenido de lignocelulósico, similar en composición química a los residuos fibrosos, indican que la suplementación con nitrógeno no proteica únicamente garantiza el mantenimiento de peso de los animales y un balance positivo de nitrógeno, Garmendia (2005).

Peso vivo (kg)

El análisis de varianza que se presenta a continuación muestra los resultados del peso vivo final (90 días de tratamiento) en kilogramos, para las vaconas sometidas a tres tratamientos de tamo de cebada amonificado (Tabla 14).

Tabla 15

Análisis de varianza para la variable peso vivo final en vaconas de remplazo

Fuente de Var.	Gl	S. Cuad	C. Medio	F-valor	p-valor
Tratamiento	2	1933,02	966,51	3,64	0,047
Error	18	4784,21	265,79		
Total	20	6717,24			
CV %			6,66		
Media			244,81		

Nota. Peso vivo en vaconas de remplazo. Autoría propia.

Se encontró un efecto significativo de los tratamientos sobre el peso vivo después de haber transcurrido los 90 días del ensayo en las vaconas de remplazo ($F_{2:18} = 3,64$; $p = 0,047$); con un coeficiente de variación de 6,66, con un peso promedio de 244,81 kilogramos.

Tabla 16

Promedio \pm EE del peso vivo final en vaconas de remplazo

Tratamiento	Peso vivo (kg)
Testigo (T0)	231,86 \pm 6,16 ^a
Amonificado al 1 % del PV (T1)	247,79 \pm 6,16 ^{ab}
Amonificado al 2 % del PV (T2)	254,79 \pm 6,16 ^b

Nota. Letras iguales no difieren estadísticamente ($p < 0,05$) según Tukey. Autoría propia.

Se puede observar que, si existe diferencias significativas entre los tratamientos, siendo el mejor el tratamiento 2 (ración de 2% del PV) con un valor de 254,79 kg de peso vivo al haber transcurrido los 90 días del ensayo (Tabla 15).

Un estudio realizado por Arias *et al.* (2012), mencionan que suministraron silo de sorgo más bagacillo de caña de azúcar amonificado, en vacas estabuladas en etapa de producción por un período de 12 días, reportaron buenos rendimientos sobre el peso vivo de los animales teniendo un promedio de 364,64 a 443,57 Kg de peso vivo.

Los pesos vivos obtenidos en este estudio son similares a los reportados por Alibes *et al.* (1984), quienes obtuvieron en toretes y novillas de crecimiento pesos diarios que fluctuaron de 415 y 362 kg cuando estos fueron alimentados con paja amonificada y recibieron una dieta basal de forraje fresco.

Otro estudio realizado por Castillo & Diaz (2002), menciona animales que consumieron cosechas de rastrojo amonificado en época de verano durante un periodo de 28 días, para observar la tendencia del comportamiento del peso de los animales, el cual consistió en ofrecer en el T1 raciones de amonificado del 2% del peso vivo y T2 alimentación tradicional de la

hacienda, los animales evaluados oscilaban con un peso promedio de 391 kg y 385 kg respectivamente. Esta variación no fue significativa, debido que el tiempo de aplicación fue muy corto para ver un comportamiento real del peso vivo de los animales. Sin embargo, se puede evidenciar que este tipo de suplemento alimenticio posee nutrimentos suficientes para suplir los requerimientos nutricionales de los animales, por ende, se puede utilizar en épocas de verano donde existe escases de alimento sí logra mantener el peso del animal y al mismo tiempo producir.

Para lograr incrementos de peso es esencial suministrar este suplemento desde los primeros días que inicia la época seca donde también se podrá aprovechar el valor nutricional de las pasturas que aún no se maduran por completo y así no se refleje un decaimiento de los animales. Al evitar la pérdida de peso de los animales y conservar su estado físico durante el periodo seco, estos pueden alcanzar de manera rápida su nivel óptimo de producción o de reproducción.

Altura de la cruz

A continuación, se muestra el análisis de varianza con respecto a la variable altura de la cruz para los tres tratamientos evaluados:

Tabla 17

Análisis de varianza para la variable altura a la cruz (m) en vaconas de remplazo

Fuente de Var.	Gl	S. Cuad	C. Medio	F-valor	p-valor
Tratamiento	2	0,00006	0,00003	0,0467	0,9545
Error	18	0,01134	0,00063		
Total	20	0,01140			
CV %			2,189		
Media			1,146		

Nota. Altura de la cruz en vaconas de remplazo. Autoría propia.

No se encontró un efecto significado de los tratamientos sobre la altura de la cruz en las vaconas tratadas ($F_{2,18}=0,046$; $p=0,95$), con un coeficiente de variación de 2,18 y su promedio de altura fue de 1,14 m.

Tabla 18

Promedio \pm EE de la altura a la cruz en vaconas de remplazo

Tratamiento	Altura a la cruz (m)
Testigo (T0)	1,145 \pm 0,009 ^a
Amonificado al 1 % del PV (T1)	1,145 \pm 0,009 ^a
Amonificado al 2 % del PV (T2)	1,149 \pm 0,009 ^a

Nota. Letras iguales no difieren estadísticamente ($p<0,05$) según Tukey. Autoría propia.

Las vaconas tratadas con diferentes raciones de tamo amonificado, no registraron diferencias significativas entre T1 (ración de 1% del peso vivo), T2 (ración de 2% del peso vivo) sobre la altura de la cruz de los animales evaluados (Tabla 17).

Esto difiere con estudios realizados en vaconas con edades entre 6 a 14 meses, reportan que la altura de la cruz va aumentando cuando los animales están en proceso de crecimiento, teniendo valores de 105 a 122,5 m en promedio, cabe recalcar que este aumento significativo depende de que los animales tengan una buena dieta que cumpla con sus requerimientos nutricionales, que estén en buena condición corporal y de peso, Almeyda & Parreño (2011).

Lo mismo sucede con otro estudio realizado por Wermer & Adin (2020), donde indican que realizaron seguimientos y controles del crecimiento de vaquillas de reemplazo, con altura promedio de 125 cm a los 14 meses de edad y a los 24 meses que la vaquilla está próxima a parir deberá alcanzar una altura de 135 cm de altura de la cruz, esto se debe que al tener una buena alimentación se tendrá un crecimiento positivo y un peso corporal adecuado.

Altura a la Grupa

A continuación, se muestran los resultados del análisis de varianza de las vacas evaluadas con dos tratamientos T1 (ración 1 % del PV/animal) y T2 (ración 2% del PV/animal) de tamo de cebada amonificado y un testigo T0 (solo forraje verde):

Tabla 19

Análisis de varianza para la variable altura a la grupa (m) en vaconas de remplazo

Fuente de Var.	Gl	S. Cuad	C. Medio	F-valor	p-valor
Tratamiento	2	0,00004	0,00002	0,02661	0,9738
Error	18	0,01289	0,00072		
Total	20	0,01292			
CV %			2,22		
Media			1,20		

Nota. Altura de la grupa en vaconas de remplazo. Autoría propia.

No se encontró un efecto significado de los tratamientos sobre la altura de la grupa en las vaconas de remplazo evaluadas con las diferentes raciones de suplemento alimenticio y forraje verde ($F_{2,18}=0,26$; $p=0,97$), con un coeficiente de variación de 2,22 y su promedio de altura fue de 1,20 m.

Tabla 20

Promedio \pm EE de la altura a la grupa en vaconas de remplazo

Tratamiento	Altura a la grupa (m)
Testigo (T0)	1,200 \pm 0,01 ^a
Amonificado al 1 % del PV (T1)	1,202 \pm 0,01 ^a
Amonificado al 2 % del PV (T2)	1,202 \pm 0,01 ^a

Nota. Letras iguales no difieren estadísticamente ($p<0,05$) según Tukey. Autoría propia.

Las vaconas tratadas con diferentes dosis de tamo amonificado, no registraron diferencias significativas entre T1 (ración de 1% del peso vivo), y T2 (ración de 2% del peso vivo) sobre la altura de la grupa de los animales (Tabla 19).

Los resultados obtenidos en este estudio difieren con una investigación realizada por Guzmán & Jaramillo (2020), donde novillas medio y fierro, con pesos entre 170 y 200 kg que fueron alimentadas con forraje *ad libitum* más sales minerales, reportaron que la altura de la grupa no presenta un aumento significativo, ya que variaron entre 1,15 a 1,16 metros.

Lo mismo sucede en otros estudios realizados por Morales & Ramírez (2014), quienes mencionan de manera general, que las razas lecheras poseen una altura de grupa promedio entre 114 a 117 cm en vaconas con edades de 8 a 10 meses, esto se debe que su alimentación es en base de forraje fresco y suplementos minerales lo cual indican que no existe una variación significativa de alturas puesto que en pleno crecimiento los animales tienden a ganar más en peso corporal.

Condición corporal

En la tabla 20 que se puede observar a continuación, se indican los resultados de análisis de varianza para la condición corporal en vaconas de remplazo:

Tabla 21

Análisis de varianza para la variable condición corporal en vaconas de remplazo

Fuente de Var.	Gl	S. Cuad	C. Medio	F-valor	p-valor
Tratamiento	2	0,24	0,12	7,60	0,0041
Error	18	0,28	0,02		
Total	20	0,52			
CV %			4,42		
Media			2,84		

Nota. Condición corporal en vaconas de remplazo. Autoría propia.

Donde se encontró un efecto significativo de los tratamientos sobre la condición corporal de las vaconas evaluadas ($F_{2,18} = 7,60$; $p=0,0041$), con un coeficiente de variación de 4,42, con un promedio de 2,84 según la escala de Edmonson.

Tabla 22

Promedio \pm EE de la condición corporal en vaconas de remplazo

Tratamiento	Condición corporal
Testigo (T0)	2,70 \pm 0,01 ^a
Amonificado al 1 % del PV (T1)	2,88 \pm 0,01 ^b
Amonificado al 2 % del PV (T2)	2,95 \pm 0,01 ^b

Nota. Letras distintas difieren estadísticamente ($p < 0,05$) según Tukey. Autoría propia.

Figura 3

(T0) Vacona con condición corporal de 2,70

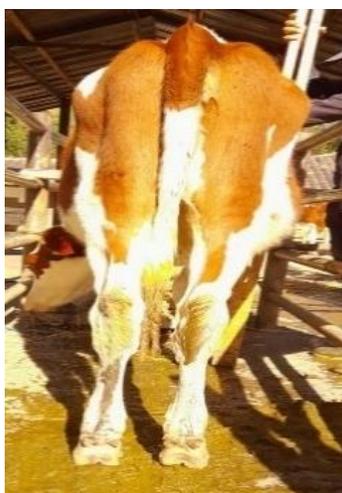


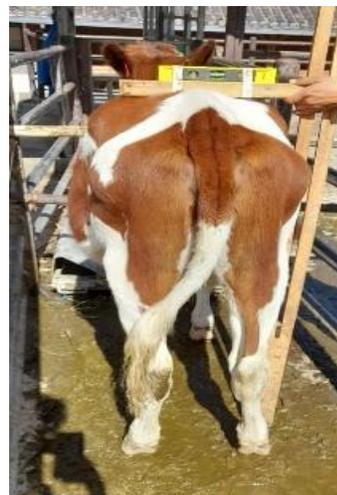
Figura 4

(T1) Vacona con condición corporal de 2,88



Figura 5

(T2) Vacona con condición corporal de 2,9



Nota. Condición corporal por tratamiento. Autoría propia.

En la tabla 21 se puede observar que, sí existen diferencias significativas entre los tres tratamientos evaluados en las vaconas de remplazo, siendo el T2 (ración al 2% de su PV) y T1 (ración de 1% de su PV), los cuales presentaron mayor promedio de condición corporal en las

hembras, con 2,95 y 2,88 en la escala Edmonson respectivamente, a diferencia del T0 (testigo), con 2,70.

Estos resultados de la investigación son similares a estudios realizados por parte de Almeyda (2018), quien menciona promedios generales para la condición corporal de 2,25 y 2,75 en vaconas de 6 a 12 meses de edad, datos que difieren a estudios realizados por Guzmán y Jaramillo (2020), donde reportó que en vaconas medio y fierro con pesos que oscilaban entre 170 y 200 kg, presentaron valores entre 2,05 y 2,45 en escala Edmonson.

La condición corporal es un parámetro zootécnico que ayuda a estimar la cantidad de tejido graso subcutáneo, por lo tanto, es un buen indicador del estado nutricional del animal.

Consumo de alimento

Tamo de cebada amonificado.

Tabla 23

Análisis de varianza para la variable consumo del suplemento alimenticio en base a MS entre tratamientos en vaconas de remplazo

Fuente de Var.	Gl	S. Cuad	C. Medio	F-valor	p-valor
Tratamiento	1	48,96	48,96	1185,72	<0,0001
Error	58	2,39	0,04		
Total	59	51,36			
CV %			7,68		
Media			2,14		

Nota. Autoría propia.

Se encontró un efecto significativo de los tratamientos sobre el consumo de tamo de cebada en base a MS de las vaconas evaluadas ($F_{1,58} = 1185,72$; $p = 0,0001$), con un coeficiente de variación de 7,68, con un promedio de 2,14 kg MS/animal

Tabla 24

Promedio \pm EE de consumo del suplemento alimenticio en base a MS entre tratamientos en vaconas de remplazo

Tratamiento	Consumo del suplemento (kg MS)
Amonificado al 1 % del PV (T1)	1,74 \pm 0,04 ^a
Amonificado al 2 % del PV (T2)	3,55 \pm 0,04 ^b

Nota. Letras distintas difieren estadísticamente ($p < 0,05$) según Tukey. Autoría propia.

En las vaconas de remplazo alimentadas con diferentes raciones de tamo amonificado, se puede decir que sí existe diferencias significativas, donde el tratamiento que tiene mayor consumo de suplemento fue T2 (ración de 2% del peso vivo) con 3,55 kg/animal/día a diferencia del T1 (ración de 1% del peso vivo) con 1,74 kg/animal/día de consumo de tamo del suplemento alimenticio en materia seca (Tabla 23).

Forraje verde.

Tabla 25

Análisis de varianza para la variable consumo del forraje verde en base a MS entre tratamientos en vaconas de remplazo

Fuente de Var.	Gl	S. Cuad	C. Medio	F-valor	p-valor
Tratamiento	2	38,18	19,09	109,02	<0,0001
Error	90	15,76	0,18		
Total	92	53,93			
CV %			5,78		
Media			7,3		

Nota. Autoría propia.

Se encontró un efecto significativo de los tratamientos sobre el consumo de tamo de cebada en base a MS de las vaconas evaluadas ($F_{2,90} = 109,02$; $p = 0,0001$), con un coeficiente de variación de 5,78, con un promedio de 7,3 kg/animal del consumo de forraje verde.

Tabla 26

Promedio \pm EE de consumo diario del forraje verde en base a MS entre tratamientos en vaconas de remplazo

Tratamiento	Consumo de FV (kgMS)
Testigo (T0)	8,02 \pm 0,08 ^a
Amonificado al 1 % del PV (T1)	7,28 \pm 0,08 ^b
Amonificado al 2 % del PV (T2)	6,60 \pm 0,08 ^c

Nota. Letras distintas difieren estadísticamente ($p < 0,05$) según Tukey.
Autoría propia.

En las vaconas alimentadas con diferentes raciones de tamo amonificado y pasto, se puede evidenciar que, sí existe diferencias significativas, donde el mayor consumo de forraje verde fue T0 (testigo) con 8,02 kg/ animal/día a diferencia del T1 (ración de 1% del PV) y T2 (ración de 2% del PV), con 7,28 y 6,60 kg/animal/día del consumo del forraje en base a materia seca respectivamente (Tabla 25).

Tabla 27

Resumen del consumo de alimento entre tratamientos en vaconas de remplazo

Tratamientos	Consumo de FV (kg)	Consumo de tamo amonificado (kg)	Consumo total de la ración (kg)
Testigo (T0)	8,02	-	8,02
Amonificado al 1 % del PV (T1)	7,28	1,74	9,02
Amonificado al 2 % del PV (T2)	6,60	3,55	10,15

Nota. FV forraje verde, el consumo de alimento está calculado por animal en los diferentes tratamientos. Autoría propia.

Estos resultados son similares a un estudio realizado por Aranda & Vindell (2019), quien utilizó un animal por tratamiento, estos fueron alimentados con dietas a base de heno Sudan, melaza y sebo en diferentes porcentajes de ración por un tiempo de 105 días, los animales tenían un peso entre 350 a 400 kg, con un consumo de alimento total entre 12.90, 10.85 y 8.66 Kg/día/animal.

Otro estudio reportado por Rocco (2016), bajo un sistema estabulado, menciona haber obtenido consumo alimenticio en toretes enteros y novillos valores de 17,7 y 14,0 kg MS/día/animal respectivamente.

De la misma manera Pordomingo (2004), registró de forma general, que las novillas con pesos promedios de 300 kg al utilizar dietas compuestas por fibra, pellet de girasol y soja, urea y melaza por un período de 90 días, un consumo de alimento de 10,08 kg/día/animal, similar a los resultados de este estudio.

Otras investigaciones realizadas por Villanueva & San Martin (1997), reportan en vaquillas en crecimiento, alimentadas con residuos de cosecha tratada con urea y suplementadas con proteína sobrepasante (harina de pescado), un consumo de alimento diario de entre 12,10 y 12,62 kg/día/animal, reflejando que existe una mejora en la calidad nutritiva de la paja de arroz, al ser tratada con urea de alta digestibilidad y un aporte energético de las dietas.

Esto se debe al incremento en la tasa de degradación que causa una remoción más rápida de la digestión del rumen, lo cual permite que el animal consuma más paja amonificada por unidad de tiempo.

Se puede decir que, al realizar una suplementación continua con urea y melaza se puede aumentar el consumo alimenticio a libre voluntad, ya que al ser un producto rico en nutrientes y tener alta palatabilidad, el animal tiende a tener una mejor digestibilidad del alimento y buena productividad.

Conversión alimenticia

Tabla 28

Análisis de varianza para la variable conversión alimenticia entre tratamientos en vaconas de remplazo

Fuente de Var.	Gl	S. Cuad	C. Medio	F-valor	p-valor
Tratamiento	2	142,51	71,26	12,67	<0,0001
Error	36	202,48	5,62		
Total	38	344,99			
CV %			10,75		
Media			21,77		

Nota. Autoría propia.

Se encontró un efecto significativo de los tratamientos, sobre la conversión alimenticia en vaconas alimentadas con suplemento de tamo de cebada amonificado en base a MS ($F_{2,36}=10,75$; $p=0,0001$), con un coeficiente de variación de 10,65 y un promedio de 21,77 de conversión alimenticia de alimento para obtener 1 kg de incremento de peso vivo durante los 90 días del ensayo (Tabla 27).

Tabla 29

Promedio \pm EE de conversión alimenticia entre tratamientos en vaconas de remplazo

Tratamiento	Conversión alimenticia
Testigo (T0)	24,75 \pm 0,66 ^a
Amonificado al 1 % del PV (T1)	21,06 \pm 0,66 ^b
Amonificado al 2 % del PV (T2)	20,41 \pm 0,66 ^b

Nota. Letras distintas difieren estadísticamente ($p<0,05$) según Tukey. Autoría propia.

Con respecto a la conversión alimenticia obtenida en este estudio, fue menos eficiente el tratamiento testigo (forraje verde mayormente kikuyo) con valor de 24,75. Entre los

tratamientos T1 y T2 no existe diferencia significativa, sin embargo, se puede notar que la mejor conversión alimenticia es T2 (ración de 2% del PV) con 20,46, mientras que el T1 (ración de 1% del PV) la conversión alimenticia es de 21,06 cabe recalcar que esta conversión alimenticia es dada al finalizar los 90 días de evaluación.

Estos resultados difieren con estudios realizados por Díaz *et al* (2013), reportaron una conversión alimenticia promedio de 16,29 en novillos de engorde, alimentados con pasto *ad libitum* y suplementados con tres tipos de bio ensilaje (urea y melaza, sales, estiércol y suero de leche) y una ganancia promedio de peso diario de 0,50 kg/animal/día. datos similares reporta Ramírez (2015), quien obtuvo conversiones alimenticias de 16,70 y 18,61 kg de consumo alimenticio para ganar un kilogramo de peso, esto se debe que existe una mejora en el valor nutricional de materiales de baja calidad.

En otra investigación en novillas estabuladas alimentadas con tamo de avena, cascarilla de algodón melaza y urea, reportan conversiones alimenticias promedio de 24, Escobar (1988).

Lo mismo sucede con reportes de Villanueva & San Martín (1997), en vaquillas en crecimiento que fueron alimentadas con paja de arroz, urea, melaza y otros ingredientes, donde reportaron conversiones alimenticias similares a nuestra investigación que fluctuaron entre 13,53 y 14,37, esto se debe a que utilizaron como suplemento harina de pescado, la cual aporta aminoácidos esenciales, que son aprovechados directamente por el animal.

Concluyendo así que las materias primas no convencionales como son los rastrojos de cosecha al ser procesados por algún factor sea este químico o biológico, pueden sustituir de cierta forma la parte de forraje verde en épocas de extrema sequía o lluvia, pero no por completo, ya que los bovinos por ser rumiantes su principal alimento es el forraje, sin embargo, al incluir en sus dietas este subproducto en conjunto cumplen los requerimientos nutricionales del animal.

Condición de heces

A continuación, se observa el análisis de varianza de la condición de las heces de las vacas de remplazo alimentadas con suplemento alimenticio y forraje verde.

Tabla 30

Análisis de varianza para la variable condición de heces en vaconas de remplazo

Fuente de Var.	Gl	S. Cuad	C. Medio	F-valor	p-valor
Tratamiento	2	3,85	0,056	122,35	<0,0001
Error	18	0,28	0,001		
Total	20	4,14			
CV %			4,33		
Media			2,9		

Nota: Condición de heces en vaconas de remplazo. Autoría propia.

Se encontró efecto significativo de las diferentes raciones de tamo amonificado sobre la condición de heces en vaconas de remplazo ($F_{2:18}=122,35$; $p=0,0001$); con un coeficiente de variación de 4,33 y una condición de heces promedio de 2,9 de la consistencia y forma de las heces.

Tabla 31

Promedio \pm EE de la condición de las heces en vaconas de remplazo

Tratamiento	Escala de la consistencia y forma de las heces
Testigo (T0)	2,30 \pm 0,05 ^a
Amonificado al 1 % del PV (T1)	3,13 \pm 0,05 ^b
Amonificado al 2 % del PV (T2)	3,27 \pm 0,05 ^b

Nota. Letras distintas difieren estadísticamente ($p<0,05$) según Tukey.

Autoría propia.

Figura 6

Consistencia de grado 2



Figura 7

Consistencia correcta de grado 3



Figura 8

Consistencia correcta de grado 3.5



Nota. Condición de heces de acuerdo a su color y consistencia por tratamiento. Autoría propia.

Se observan diferencias significativas entre los tratamientos y testigo, donde el tratamiento con mejor condición de heces fue T2 (ración del 2% del PV) con un promedio de 3.27, seguido del T1 (ración del 1% del PV) siendo este de 3.13, a diferencia del testigo que presentó 2.30 (Tabla 30).

De acuerdo con la literatura la condición de heces es un parámetro esencial para relacionar con la nutrición de un animal, esto se debe a que la energía de los alimentos que componen las diversas dietas en las vacas lecheras no es aprovechada en su totalidad, y esto hace que a lo largo del tracto digestivo se produzcan pérdidas, por tal motivo es muy importante revisar la participación de energía, en función de la calidad del alimento.

Para determinar bien la condición de las heces, se debe observar el color, olor y consistencia, estos tienen relación directa con el tipo de ingrediente principal de la dieta, con el contenido de bilis y con la tasa de pasaje de los alimentos a lo largo de tracto digestivos, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (2014).

Según Bavera & Peñafort (2006), los animales que consumen dietas mezcladas como ensilajes, henos y abundantes concentrados presentan un color amarillo-oliva y los animales que solo consumen pasto fresco las heces predominará el color verde oscuro.

En cuanto a la consistencia, la correcta sería escala 3, las heces son suavemente redondeadas en sus bordes con una leve depresión en el centro y es homogénea. Esto concuerda con los resultados obtenidos en el estudio, lo cual indica que la dieta está equilibrada, con buena digestibilidad, la calidad y cantidad de fibra es correcta, con un adecuado consumo voluntario, masticación, rumia e insalivación correctas, debido a que la estratificación que forma en el rumen y todo el aparato digestivo es la apropiada, Bavera & Peñafort (2006).

Análisis económico

A continuación, se presenta los valores de producción de una paca de tamo amonificado, considerando todos los insumos que se utilizan para su elaboración.

Tabla 32

Costo de los materiales que se utilizan para elaborar el suplemento alimenticio

Materiales	Unidades	Precio unitario (\$)	Cantidad	Total (\$)
Urea	Kg	0,70	0,68	0,48
Melaza	Litro	0,55	1,8	0,99
Levadura	Bloque de 500 gr	1,80	0,19	0,68
Paca de cebada	Unidad	1,50	1	1,50
Funda plástica	10 unidades	2,85	1	0,28
Costo total por paca de 17 kg				3,94
Costo total * 1 kg de paca				0,23

Nota. Autoría propia.

Se puede observar que el costo de producción es de \$ 3,94 por cada paca de tamo amonificado, este costo tiene un incremento del 9,4% al valor que expone Zambrano (2020), que obtuvo en su investigación un costo de producción por paca de tamo de cebada amonificado de \$3,60 (Tabla 31).

A continuación, se presentan los costos diarios del consumo de forraje verde y del suministro del suplemento alimenticio por cada tratamiento, teniendo así un costo total de la ración diaria por cada animal (Tabla 32).

Tabla 33

Costo diario de la dieta suministrada por tratamiento y por animal

Tratamientos	Alimento	Consumo (kg)	Costo *kg	Costo total	Costo final
T0	Suplemento	-	-		1,58
	Forraje verde	39,38	0,04	1,58	
T1	Suplemento	2,30	0,23	0,64	1,99
	Forraje verde	36,40	0,04	1,46	
T2	Suplemento	4,60	0,23	1,30	2,39
	Forraje verde	33,02	0,04	1,32	

Nota. Autoría propia.

Los costos totales de la ración por cada tratamiento presentaron diferencias, de 0,42 ctvs para el T1 y 0,81 ctvs para el T2 en comparación al testigo, lo que en gran parte se debe a los costos de producción para cada kg de paca de tamo amonificado.

Tabla 34

Costos de producción de alimento para la ganancia de 1kg de PV

Tratamiento	Costo diario (\$)	Costo *90 días (\$)	Ganancia de peso *90 días (kg)	Precio en venta kg de PV (\$)	Costo de producción
T0	1,58	142,20	29,93	65,85	2,16
T1	1,99	178,80	39,21	86,26	2,07
T2	2,39	214,70	45,64	100,40	2,14

Nota. Autoría propia.

Para obtener los costos de producción para ganar 1 kg de PV, se procedió a calcular el pago por libra de peso vivo este se multiplicó por la ganancia de peso vivo que se obtuvo en los 90 días para determinar los ingresos totales por vaca/día, luego se dividió el costo del alimento a los 90 días y la venta de PV por vaca/día, teniendo así valores de \$2.16, \$2,07 y \$2,14 para los tratamientos de T0, T1 y T2 respectivamente (Tabla 33).

Conclusiones

En base al análisis bromatológico realizado, el tamo amonificado incrementa considerablemente la proteína bruta en un 8,67 % en relación con el tamo no tratado (de 2.84 a 11.51 %). De igual manera, al realizar el proceso de amonificación al tamo de cebada se logró una reducción en el porcentaje de FDN Y FDA, donde en FDN se redujo un 14.86 % (82.09 a 67.23) y en FDA en 11.10 %, (58.25 a 47.15) respectivamente.

La degradabilidad ruminal de la MS a las 72 horas evaluadas se incrementa en 19.49 % en el tamo amonificado en comparación al tamo sin tratar, donde la fracción soluble fue de 22.57 %, la fracción insoluble de 35.04%, teniendo así una degradabilidad efectiva de 57.61 % con una tasa de degradación constante de la fracción B de 1.71 %/h.

La amonificación del tamo de cebada logra un efecto significativo entre tratamientos para parámetros zootécnicos como peso vivo, ganancia de peso diario al finalizar los 90 días de evaluación, siendo el mejor el tratamiento T2 (2% del PV/animal/día) con respecto al testigo, para la ganancia de peso hubo un incremento 0.180 kg/día (0.34 a 0.45 kg/día), para peso vivo fue de 22.93 kg (231.86 a 254.79 kg) y en condición corporal de 0.25 (2.70 a 2.95). El T2 también registra una mejor conversión alimenticia de suplemento alimenticio + forraje verde por animal siendo este de 20.41.

En las condiciones en que se realizó el estudio, se concluye que al adicionar tamo de cebada amonificado en la dieta, se ve reflejado en un incremento en el contenido de proteína cruda y por ende el nivel de las concentraciones de nitrógeno ureico en sangre aumentan,

donde el T2 (2% del PV/animal) tiene un incremento de 3.53 mg/dL (12.09 a 15.78 mg/dL), pero que se encuentran dentro de los valores normales para este tipo de bovino.

En cuanto a los costos de producción se puede decir que no hay diferencia entre tratamientos y testigo teniendo un promedio de \$ 2,12, sin embargo, se puede denotar que el T2 (2% del PV/animal/día) para tener una mayor producción de ganancia de PV pero con un costo más elevado, estos resultados muestran que el tamo amonificado como suplemento para vacas de remplazo es una alternativa viable productiva, contribuyendo así a la disminución del uso de alimentos concentrados y posibilitando el mantenimiento de la producción en épocas de climáticos adversos.

El uso de tamo amonificado en vaconas de reemplazo, puede ser muy beneficioso, no solo por lograr buenos resultados en parámetros zootécnicos, sino porque se aprovecha un recurso forrajero abundante en ciertas épocas y que es subutilizado para alimentación de rumiantes, por lo que puede ser una gran alternativa como reserva forrajea en épocas de baja producción de pastos, o como opción para la ceba de toretes con alimentos de alternativos

Recomendaciones

Se recomienda la utilización del suplemento de tamo de cebada amonificado, en una cantidad del 2% del del peso vivo, ya que en la presente investigación registraron resultados satisfactorios.

Utilizar el tamo de cebada amonificado como una reserva de alimento cuando exista escases de alimento en épocas de sequias o extremas lluvias, ya que puede remplazar al forraje o centrados no en su total, pero si lograr mantener a los animales en crecimiento.

Probar el tamo de cebada en la cría y engorde de toretes de cruce Montbeliarde del taller de ganadería, donde se podrían lograr resultados satisfactorios en cuanto a parámetros zootécnicos.

Bibliografía

- Aguirre, L., Abad, R., Apolo, V., Torres, K., Curay, I., Jaramillo, D., & Córdova, J. (2017). *Caracterización y mejoramiento de residuos agrícolas para uso en la alimentación animal*. (I Simposio de Investigación Científica), Universidad Nacional de Loja, Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Loja. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Rodrigo-Abad-Guaman/publication/340826073_Characterization_and_improvement_of_agricultural_waste_for_use_in_animal_feed/links/5e9fae5c299bf13079b1f709/Characterization-and-improvement-of-agricultural-waste-for-use-in-a
- Alibes, X., Muñoz, F., & Faci, R. (1984). Anhydrous ammonia-treated cereal straw for animal feeding. *Animal Feed Science and Technology*, 10, 239-246. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(84\)90013-0](https://doi.org/10.1016/0377-8401(84)90013-0)
- Almeyda, J. (2018). *Producción de ganado vacuno lechero en sierra*. (Manual Técnico). Agrobanco. Obtenido de: <https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/018-d-ganado.pdf>
- Almeyda, J., & Parreño, J. (2011). *Manejo integrado de ganado vacuno*. (Guía Técnica), Universidad Nacional Agraria Molina. Obtenido de https://www.agrobanco.com.pe/pdfs/capacitacionesproductores/ganadolechero/Manejo_integrado_de_ganado_vacuno.pdf
- Alvarez, A., Manrique, V., López, J., & et al. (2014). *La Paja: ingrediente en raciones de vacuna de leche*. Servicio de Alimentación Seragro. Obtenido de: http://srvcloudseragro.opensoftsi.es:81/documentos/La_paja_ingrediente.pdf
- AOAC. (2019a). Método oficial 2002,04. *Amylase-Treated Neutral Detergent Fiber in Feeds*. *Official Methods of Analysis AOAC INTERNATIONAL*, 1, 49.

- AOAC. (2019b). Método oficial 973,18. *iber (Acid Detergent) and Lignin in Animal Feed. Método Oficial de Análisis AOAC INTERNATIONAL, 1, 47*. Obtenido de https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_iso_11085.pdf
- Aranda , M., & Vindell , L. (2019). *Comportamiento productivo de toros en un sistema de engorde a corral, departamento de Granada, Nicaragua*. (Tesis de pregrado), Universidad Nacional Agraria, Departamento de Zootecnia, Managua. Obtenido de: <https://repositorio.una.edu.ni/4346/1/tnl02a662c.pdf>
- Araque, C. (2001). *La urea en la alimentación de rumiantes*. Sitio Argentino de Producción Animal. Obtenido de: https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion_proteica_y_con_nitrogeno_no_prot_eico/46-uso-de_urea_en_la_alimentacion_de_rumiantes.pdf
- Arias, C., Zavala, J., & Corpeño, W. (Febrero de 2012). *Alimentación de vacas encastadas en etapa de producción láctea, con bagacillo de caña de azúcar (Saccharum officinarum. L) amonificado en el municipio de San Ildefonso, San Vicente*. (Tesis de pregrado), Universidad de el Salvador, Departamento de Ciencias Agrícolas, San Vicente. Obtenido de: http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/1241/1/DOCUMENTO_TESIS_AMONIFICACION_-_copia.pdf
- Armijos, L. (2017). Evaluación de nitrógeno ureico en leche y sangre de vacas bajo pastoreo de Rye grass perenne (*Lolium perenne*), Trébol blanco (*Trifolium repens*). (Tesis de pregrado). Universidad Central del Ecuador, Quito. Obtenido de: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/12975/1/T-UCE-0014-036-2017.pdf>.
- Bavera, A. (2008). *Regiones de exterior del bovino*. Produccion Bovina de Carne. Obtenido de: https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/exterior/01-regiones_del_exterior_del_bovino.pdf

- Bavera, G., & Peñafort, C. (2006). *Lectura de la bosta del bovino y su relación con la alimentación*. Sitio Argentino de Producción Animal. Obtenido de:
https://www.produccionanimal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/61heces_del_bovino_y_relacion_con_la_alimentacion.pdf
- Benito, M., San Martín, F., Carcelen, F., & Arbaiza, T. (2001). Proteína sobrepasante en ovinos alimentados con residuo de cosecha amonificado. *Revista de Investigacion Veterinaria Perú*, 12(1), 93-97. Obtenido de
<https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/veterinaria/article/view/7427/12622>
- Botero, R. (29 de Noviembre de 2017). *La amonificación: una opción artesanal para la conservación y mejoramiento de suplementos utilizados para rumiantes en el trópico*. Engormix. Obtenido de: <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/amonificacion-opcion-artesanal-conservacion-t27390.htm>
- Calderón, G., & Cazares, R. (8 de abril de 2019). Evaluación del comportamiento productivo de cuyes (*cavia porcellus*) en las etapas de crecimiento y engorde, alimentados con bloques nutricionales en base a paja de cebada y alfarina. *Scielo*, 6(2). Obtenido de e:
http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2311-25812019000200005
- Cardona, J. F. (30 de agosto de 2013). *Módulo de alimentación bovina: La amonificación de los residuos de cosecha*. FEDEGAN. Obtenido de:
<https://es.slideshare.net/Fedegan/amonificacion-residuos-cosecha>
- Castellanos, S., Gamarra, J., & Gómez, C. (2017). Amonificación de la Panza de Maíz (*Zea mays*L) con Tres Niveles de Urea para la Mejora de su Digestibilidad. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 28(1), 78-85. Obtenido de:
<https://www.redalyc.org/pdf/3718/371850995008.pdf>
- Castillo, J. M., & Diaz, M. (2002). Situación alimenticia del ganado bovino durante la época seca en 10 comunidades del municipio de Somoto. (*Tesis de pregrado*). Universidad

- Nacional Agraria, Managua, Nicaragua. Obtenido de:
<https://repositorio.una.edu.ni/1292/1/tnl02c352.pdf>
- Cerdas, R. (2013). Formulación de raciones para carne y leche, desarrollo de un módulo práctico para técnicos y estudiantes de ganadería de Guanacaste, Costa Rica. *Revista de las Sedes Regionales, XIV(29)*, 128-153. Obtenido de:
<https://www.redalyc.org/pdf/666/66629448009.pdf>
- Comite Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azucar. (Noviembre de 2016). *Melazas de caña de azucar y su uso en la fabricación de dietas para ganado*. (Boletín Informativo), Secretaria de la Agricultura, Ganaderia, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, México. Obtenido de
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/171888/Nota_Informativa_Noviembre_Melazas.pdf
- Córdova, J. (2019). Efecto de la urea y el hidróxido de sodio en el mejoramiento del valor nutritivo de la taralla de maíz (*Zea mays*) para uso en la alimentación de rumiantes. (*Tesis de pregrado*). Universidad Nacional de Loja, Loja. Obtenido de:
<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/21632/1/Jorge%20Andr%C3%A9s%20C%C3%B3rdova%20Vivanco.pdf>
- Díaz, B., Elías, A., & Valiño, E. (2013). Eficiencia alimentaria y económica de tres tipos de bioensilajes de residuos agroindustriales en bovinos de carne. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 47(2)*, 143 - 150. Obtenido de
<https://www.redalyc.org/pdf/1930/193028751006.pdf>
- Escobar, J., Campuzano, I., Sarmiento, D., Gómez, X., & Giraldo, P. (1988). Estabulación de novillas de vientre alimentadas con materias primas no convencionales. (V. A. Salle, Ed.) *Revista de la Universidad de La Salle(8)*, 147 - 152.
doi:<https://doi.org/10.19052/0120-6877>

Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. (2020). *Paja de cereales (trigo y cebada)*. Obtenido de FEDNA:

http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/paja-de-cereales-trigo-y-cebada

Feuchter, F. R. (1990). *El uso correcto de la urea en la alimentación del ganado*. Sitio Argentino de Producción Animal. Obtenido de: https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion_proteica_y_con_nitrogeno_no_prot_eico/80-urea.pdf

Fraga, M. (Octubre de 2010). *Microbiota ruminal: estrategias de modulación con microorganismos fibrolíticos*. (Tesis de posgrado), Universidad de la República, Departamento de Microbiología. Obtenido de: <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/4110/1/uy24-15408.pdf>

Gallardo, M. (2015). *Cómo preparar correctamente una ración: uso de subproductos*. Sitio Argentino de Producción Animal. Obtenido de : https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/146-preparar_racion.pdf

García, M. (1983). *Manejo de la paja como alimento*. (Boletín informativo). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Obtenido de: https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1983_20.pdf

García, O., & García, D. (2004). Evaluación del efecto de diferentes niveles de amonificación, sobre la calidad nutritiva del rastrojo de sorgo. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria, Managua. Obtenido de: <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnp34g216e.pdf>

Garmendia, Julio. (2005). *Suplementación estratégica de vacas de doble propósito alrededor del parto*. (IX Seminario de Pastos y Forrajes), Facultad de Ciencias Veterinarias. Obtenido de

http://www.avpa.ula.ve/eventos/ix_seminario_pastosyforraje/Conferencias/C8-JulioGarmendia.pdf

Google Earth. (2022). Obtenido de <https://www.google.com.ec/maps/place/IASA/@-0.3844166,-78.4154956,392m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x91d5bbbd8644851b:0xc6c8b2bb6c026969!8m2!3d-0.3856423!4d-78.4164022?hl=es-419>

Grudsky, P., & Arias, J. (Diciembre de 1983). *Aspectos generales de la microbiología del rumen*. (Tesis de pregrado), Universidad de Chile, Departamento de Patología Veterinaria. Obtenido de: https://web.uchile.cl/vignette/monografiasveterinaria/monografiasveterinaria.uchile.cl/CD/A/mon_vet_completa/0,1421,SCID%253D7627%2526ISID%253D410,00.html

Guzmán , M., & Jaramillo , A. (2020). *Determinación del estatus mineral de vaconas medias y fierros del hato lechero de la Hacienda “El Prado” – IASA I*. (Tesis de pregrado), Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, Departamento Ciencias de la Vida y de la Agricultura, Sangolquí. Obtenido de: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/24804/T-IASA%20I-005606.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Hammeleers, A. (2020). *Métodos para estimar el consumo voluntario de forrajes por rumiantes en pastoreo*. FAGRO. Obtenido de: <http://prodanimal.fagro.edu.uy/cursos/NUTRICION/TEORICOS/2010.Material%20de%20lectura%20consumoIII.pdf>

Hammond, C. (1998). Uso de niveles de nitrógeno uréico en sangre (BUN) y leche (MUN) como guía para la suplementación protéica y energética en bovinos. *Dialnet*, 2, 44-48. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5624816#:~:text=Las%20concentraciones%20de%20nitr%C3%B3geno%20ur%C3%A9ico%20mayores%20de%2019%20a%2020,y%20pre%20en%20vacas%20lecheras.>

Hurtado, E., Vélez, R. D., Bravo, Á. R., & Macias, E. (12 de Julio de 2021). Efectos de la amonificación y tiempo de fermentación sobre la composición bromatológica del bagazo de caña de azúcar. *Zenoob*, 39(1-8). doi:10.5281/zenodo.5092156

Innovatione. (23 de Septiembre de 2019). *Rumiantes*. Innovatine AgroFood Design. Obtenido de: <https://innovatione.eu/2019/09/23/rumiantes/>

Instituto Nacional de Estadística y Censos. (Mayo de 2021). *Encuesta de superficie de producción agropecuaria continua 2020*. INEC. Obtenido de: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2020/Presentacion%20ESPAC%202020.pdf

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. (2014). *Cebada*. INIAP. Obtenido de: [http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mcereal/rcebada#:~:text=La%20cebada%20\(Hordeum%20vulgare%20L,Cotopaxi%20\(10%20000%20ha\).](http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mcereal/rcebada#:~:text=La%20cebada%20(Hordeum%20vulgare%20L,Cotopaxi%20(10%20000%20ha).)

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (Mayo de 2014). *Nutrición Animal Aplicada*. Área de Investigación en Producción Animal. Obtenido de: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_curso_nutricin_animal_aplicada_2014.pdf

INTAGRI. (2021). *Conversión Alimenticia en Bovinos*. INTAGRI. Obtenido de: <https://www.intagri.com/articulos/ganaderia/conversion-alimenticia-en-bovinos>

Kamande, G. (2006). *Digestión ruminal y nutrición*. Sitio Argentino Producción Animal, Producción bovina de leche, Argentina. Obtenido de: https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/96-digestion_ruminal.pdf

Lanuz, F. (2006). *Requerimientos de nutrientes según el estado fisiológico en bovinos de leche*. (Boletín INIA), Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Remehue. Obtenido de:

http://nutriciondebovinos.com.ar/MD_upload/nutriciondebovinos_com_ar/Archivos/REQUERIMIENTO_MINERALES_LECHE_WWW.pdf

Martínez, F. (1988). *Utilización de la paja de arroz en la alimentación del ganado bovino*.

Instituto Colombiano Agropecuario, Bogotá, Colombia. Obtenido de

<http://hdl.handle.net/20.500.12324/29478>

Mendieta, Bryan; Fariñas, Tito; Reyes, Nadir; Mena, Martín. (Abril de 2015). *Conservación de*

Forrajes. Programa de Gestión Rural Empresarial, Sanidad y Ambiental, Managua,

Nicaragua. Obtenido de

https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/70061/Manual_conservacion_de_forrajes_CRS_USDA_CIAT_2015.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Michel Gallegos, J. C. (2009). Efecto del nivel de melaza en raciones para cordero en la

concentración de enzimas en sangre, minerales en hígado y lesiones hepáticas. (*Título*

de posgrado). Universidad Autónoma de Nuevo León, México. Obtenido de:

<http://eprints.uanl.mx/1989/>

Morales, R., & Ramírez, J. (2014). *Optimización de la crianza de hembras de reemplazo de*

recherias. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín N°297, 96., Ministerio de la

Agricultura. Obtenido de: [https://web.inia.cl/wp-](https://web.inia.cl/wp-content/uploads/2015/01/Bolet%C3%ADn297_Optimizaci%C3%B3n-e-la-crianza-hembras-de-reemplazo-lecher%C3%ADa.pdf)

[content/uploads/2015/01/Bolet%C3%ADn297_Optimizaci%C3%B3n-e-la-crianza-hembras-de-reemplazo-lecher%C3%ADa.pdf](https://web.inia.cl/wp-content/uploads/2015/01/Bolet%C3%ADn297_Optimizaci%C3%B3n-e-la-crianza-hembras-de-reemplazo-lecher%C3%ADa.pdf)

Morales, T., Cavestany, D., Mendoza, A., & Román, L. (2015). *Condición Corporal:*

uniformizando Criterios. Revista INIA. Argentina: Sitio Argentino de Producción Animal.

Obtenido de [https://www.produccion-](https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/cria_condicion_corporal/49-criterios_22.pdf)

[animal.com.ar/informacion_tecnica/cria_condicion_corporal/49-criterios_22.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/cria_condicion_corporal/49-criterios_22.pdf)

Naranjo, J., & Cuartas, C. (2011). Caracterización nutricional y de la cinética de degradación

ruminal de algunos de los recursos forrajeros con potencial para la suplementación de

- rumiantes en el trópico alto de Colombia. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 6(1), 9-19. Obtenido de: <https://www.redalyc.org/pdf/3214/321428105002.pdf>
- Noguer, R. R., & Posada, S. (24 de Mayo de 2007). Modelación de la cinética de degradación de alimentos para rumiantes. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 20 (1), 174-182. Obtenido de: <http://www.scielo.org.co/pdf/rccp/v20n2/v20n2a09.pdf>
- NTE INEN-ISO 10002. (2015). Alimentos para animales – Determinación de cenizas (ISO 5984:2002+Cor. 1:2005, IDT). *Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN)*, 2, 1-5.
- NTE INEN-ISO 11085. (2013). Cereales, productos a base de cereales y alimentos para animales. determinación del contenido de grasa bruta y grasa total mediante el método de extracción de randall (Idt). *Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN)*, 1-5.
- NTE INEN-ISO 5983-1. (2014). Alimentos para animales. Determinación del contenido en nitrógeno y cálculo del contenido en proteína bruta. Parte 1: Método de Kjeldahl (ISO 5983-1:2005, IDT). *Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN)*, 1, 1-5.
- NTE INEN-ISO 6865. (2014). Alimentos para animales. Determinación del contenido de fibra bruta. Método con filtración intermedia. *Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN)*, 1, 1-5.
- Ørskov, E. R., DeB Hovel, F. D., & Mould, F. (1980). *The use of the nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs*. Rowett Research Institute. Obtenido de: https://www.cipav.org.co/TAP/TAP/TAP53/53_1.pdf
- Ortiz, W., Pacheco, A., & Quirino, C. (2013). Evaluación del nitrógeno ureico sanguíneo y pH uterino en vacas suplementadas con pollinaza como fuente proteica. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 14(6), 1-18. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/636/63628040003.pdf>
- Pérez, E. (2015). *Efecto de la amonificación de la paja de sorjo, sobre su valor nutricional*. (Tesis de Pregrado), Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Ciencia Animal, Torreón. Obtenido de:

<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/6931/AURI%20ESTEFANI%20PEREZ%20CHAVEZ.pdf?sequence=1>

Ponce, E., & Romero, R. (2014). Amonificación de panca de maíz durante tres periodos y su efecto en la composición bromatológica. *Revista La Técnica*, 5(1), 180-191. Obtenido de https://revistas.utm.edu.ec/index.php/latecnica/15_pag_70-77

Ponce, L., Noroña, P., Campaña, & et al. (Febrero de 2020). *La Cebada*. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Obtenido de: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5587/2/Manual%20116%20La%20cebada.pdf>

Pordomingo, A. (2004). *Engorde a corral*. (Guía Técnica), Sitio Argentino de Producción Animal, Argentina. Curso de Posgrado Actualización en Invernada. Obtenido de: https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_o_engorde_a_corral_o_feedlot/78-feedlot.pdf

Producción Agrícola Mundial. (Abril de 2022). *Producción Mundial de Cebada*. Obtenido de <http://www.produccionagricolamundial.com/cultivos/cebada.aspx>

Pulido, J., & Medrano, J. (Junio de 1994). *La amonificación un método para mejorar la calidad de los residuos de cosecha*. Obtenido de Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria: https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/20501/28816_19771.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ramírez, M. (2015). Evaluación económica del engorde de toretes alimentados con cerdaza, pollinaza y concentrado comercial. (*Tesis de pregrado*). Universidad de Cuenca, Cuenca. Obtenido de: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/22895/1/tesis.pdf>

- Rey, E. (2016). Bovinos. Enciclopedia alfabética de campo. DOCPLAYER. Obtenido de:
<https://docplayer.es/11656863-Bovinos-clasificacion-taxonomica-reino-subreino-clase-orden-rama-familia-genero-especies.html>
- Rocco, F. U. (2016). *Conversión alimenticia del macho entero joven versus el novillo*. (Tesis de pregrado), Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Veterinarias, Argentina. Obtenido de:
<https://www.ridaa.unicen.edu.ar/items/ff7050c3-f2da-4c81-8ea7-96c5e0450e15>
- Ruiz, O., Castillo, Y., Aguilera, J., & et al. (2006). Cascarilla de avena tratada con urea y un aditivo enzimático en el consumo, la digestibilidad y la cinética ruminal de novillos. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 40(4), 433-438. Obtenido de:
<https://www.redalyc.org/pdf/1930/193017672006.pdf>
- Saavedra, C., Omaña, M., Navas, A., & Suárez, A. (1 de Octubre de 2013). Evaluación de la amonificación de residuos de cosecha de Zea mays como alternativa para la alimentación de rumiantes. *Revista Ciencia Animal*, 1(6), 99-108. Obtenido de
<https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1071&context=ca>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2013). *Rastrojos: manejo, uso y mercado en el centro y sur de México*. Obtenido de SEGARPA:
https://www.zef.de/uploads/tx_zefportal/Publications/tbeuchelt_download_Rastrojos%20manejo,%20uso%20y%20mercados%20en%20el%20centro%20y%20sur%20de%20M%C3%A9xico.pdf
- Slanac, A., Kucseva, C., & López, M. (2019). Degradabilidad ruminal de la materia seca de heno de chloris gayana tratado con urea en bovinos. *Compendio de Ciencias Veterinarias*, 9(2), 18-23. Obtenido de <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=IE2021100160>

- Souza, O., Martínez, V., & López, E. (septiembre de 2001). Efecto del tratamiento sobre el valor nutritivo de la paja tratada con urea. *Archivos de zootecnia*, 50(191), 343-353. Obtenido de: <https://www.redalyc.org/pdf/495/49519104.pdf>
- Tadich, N. (2011). Bienestar del ganado lechero. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 24(3), 293-300. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-06902011000300007
- Valinote, A. (2011). *Uso de cultivos de levadura en la nutrición de rumiantes*. Sitio Argentino de Producción Animal. Obtenido de: https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_promotores_crecimiento/43-levadura.pdf
- Villanueva, J., & San Martín, F. (1997). Alimentación de vaquillas en crecimiento a base de residuos de cosecha tratada con urea y suplementadas con proteína sobrepasante. *Revista de Investigación Pecuaria IVITA*, 8(1), 39-48. Obtenido de https://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/veterinaria/v08_n1/pdf/a05.pdf
- Wattoux, M. (2003). *Manual para la cría efectiva de novillas*. Semex. Obtenido de: http://www.semex.com/downloads/di/es/content_file_244_0.pdf
- Werner, D., & Adin, G. (2020). *Mediciones de peso y altura en vaquillas de reemplazo*. Centro Internacional de Cooperación para el Desarrollo Agrícola (CINADCO), Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Departamento de Producción Animal. Obtenido de: <https://www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/mediciones-peso-altura-vaquillas-t46049.htm>
- Zambrano, R. (2020). *Efecto de dos tratamientos úmicos con tres formas de aplicación sobre el valor nutricional del tamo de cebada*. (Tesis de pregrado), Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, Departamento Ciencias de la Vida y de la Agricultura, Sangolquí.: <https://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/2488?offset=20>
- Zamora, L. (2008). Evaluación de tres dietas con base en una mezcla tamo de arroz-pollinaza en toretes Cebú comercial en el trópico bajo del valle del Alto Magdalena. *Revista*

Colombiana de Ciencia Animal, 1(1), 22-27. Obtenido de
<http://repository.ut.edu.co/handle/001/1285>