



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
CARRERA ZOOTECNIA

**“EVALUACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE FIBRA EN LA
DIGESTIBILIDAD DE CUYES (*Cavia porcellus*)”**

Trabajo de titulación

Tipo: Trabajo Experimental

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA ZOOTECNISTA

AUTORA: FRANCIS ELIZABETH ESTRELLA TOLEDO

DIRECTOR: Ing. JULIO ENRIQUE USCA MÉNDEZ, M.Sc

Riobamba – Ecuador

2022

© 2022, Francis Elizabeth Estrella Toledo

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

Yo, **FRANCIS ELIZABETH ESTRELLA TOLEDO**, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 09 de febrero del 2022


A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Francis Elizabeth Estrella Toledo', with a small star-like mark at the end.

Francis Elizabeth Estrella Toledo

CI: 1724952724

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
CARRERA ZOOTECNIA

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación; tipo: Experimental, “**EVALUACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE FIBRA EN LA DIGESTIBILIDAD DE CUYES (*Cavia porcellus*)**”, realizado por la señorita: **FRANCIS ELIZABETH ESTRELLA TOLEDO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
<p>Ing. Hernán Patricio Guevara Costales</p> <p>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</p>	<p>HERNAN PATRICIO GUEVARA COSTALES</p> <p>Firmado digitalmente por HERNAN PATRICIO GUEVARA COSTALES Fecha: 2022.03.04 08:10:50 -05'00'</p>	<p>2022-02-09</p>
<p>Ing. M.C. Julio Enrique Usca Méndez</p> <p>DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN</p>	<p>JULIO ENRIQUE USCA MENDEZ</p> <p>Firmado digitalmente por JULIO ENRIQUE USCA MENDEZ Fecha: 2022.03.04 10:23:23 -05'00'</p>	<p>2022-02-09</p>
<p>Dra. M.C. Rocío del Carmen Herrera Herrera</p> <p>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</p>	<p> Firmado electrónicamente por: ROCIO DEL CARMEN HERRERA HERRERA</p>	<p>2022-02-09</p>

DEDICATORIA

A mis padres Patricio y Esthela porque han estado conmigo en cada decisión que he tomado dándome su apoyo, cuidándome y sobre todo aconsejándome en este camino llamado vida, tomando mi mano y no dejándome caer en los momentos difíciles con ese amor constante. A mis abuelos Ángel, Esperanza, Fabiola y Cesar mi estrella en el cielo, ustedes han sido mi motivación me inculcaron el amor al campo desde niña crecer viéndoles el día a día entregados al trabajo y la dedicación al campo pecuario hizo que eligiera la mejor profesión. A mis hermanos Gabriela, mi ejemplo a seguir que has dejado tus metas en alto para que nosotros lleguemos a las mismas, motivándonos todos los días diciéndonos que somos capaces y Cesar que con un abrazo me dabas la energía para seguir ustedes son el dúo perfecto para subirme los ánimos en momentos difíciles. A mis sobrinos Mathyas y Annia la luz de mis ojos espero ser un ejemplo y que lleguen muy lejos. A mi compañero de vida Santiago gracias por tu apoyo y motivación constante en este proceso en conjunto con mi familia han sido el soporte que Dios puso para seguir adelante.

Francis Estrella

AGRADECIMIENTO

Primero agradezco a Dios por sus bendiciones y sabiduría he podido llegar hasta el final de este recorrido universitario. A mi familia por su amor y apoyo incondicional que me han brindado durante todos estos años de estudio. A mi querida institución, ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO por darme la oportunidad de ser una profesional. A mis tutores Ing. Julio Usca y Dra. Rocio Herrera, quienes con sus conocimientos, experiencia, paciencia y motivación han ayudado a que pueda culminar mi carrera con éxito. A la Universidad Nacional de Loja por darme la oportunidad de realizar mi trabajo de titulación en su unidad de investigación de especies menores dentro la Facultad Agropecuaria y de Recursos Renovables, al Laboratorio de Bromatología con ayuda de su técnica docente Beatriz Guerrero gracias a su colaboración y paciencia en la investigación.

Francis Estrella

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	3
1.1. Uso de la fibra en la digestibilidad de los cuyes.....	3
1.2. Aparato digestivo del cuy.....	3
1.2.1. Cavidad bucal.....	3
1.2.2. Estómago.....	4
1.2.3. Intestino delgado.....	4
1.2.4. Intestino grueso.....	4
1.3. Fisiología digestiva del cuy.....	5
1.4. Procesos digestivos.....	5
1.5. Requerimientos nutricionales.....	6
1.5.1. Proteína.....	6
1.5.2. Energía.....	6
1.5.3. Fibra.....	7
1.5.4. Grasa.....	7
1.5.5. Vitamina C.....	7
1.5.6. Minerales.....	8
1.5.7. Agua.....	8
1.5.8. Fibra dietética.....	8
1.6. Composición fisicoquímica de la fibra.....	9
1.6.1. Celulosa.....	9
1.6.2. Hemicelulosa.....	9
1.6.3. Lignina.....	9
1.6.4. Ácidos fenólicos.....	9

1.7.	Análisis químico de nutrientes	10
1.7.1.	<i>Materia seca</i>	10
1.7.2.	<i>Proteína cruda</i>	10
1.7.3.	<i>Energía</i>	11
1.7.4.	<i>Grasa cruda</i>	11
1.7.5.	<i>Fibra cruda</i>	12
1.7.6.	<i>Fibra detergente neutra</i>	12
1.7.7.	<i>Fibra detergente ácida</i>	12
1.8.	Métodos para determinar la digestibilidad	13
1.8.1.	<i>Digestibilidad in situ</i>	13
1.8.2.	<i>Digestibilidad in vitro</i>	13
1.8.3.	<i>Digestibilidad in vivo</i>	13
1.9.	Investigaciones en evaluación de diferentes niveles de fibra en la digestibilidad de cuyes	14

CAPITULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	16
2.1.	Localización y duración del experimento	16
2.2.	Unidades experimentales	16
2.3.	Materiales, equipos e instalaciones	16
2.3.1.	<i>Materiales</i>	16
2.3.2.	<i>Equipos</i>	17
2.3.3.	<i>Insumos</i>	17
2.3.4.	<i>Instalaciones</i>	17
2.4.	Tratamientos y diseño experimental	17
2.5.	Mediciones experimentales	18
2.5.1.	<i>Análisis proximal</i>	18
2.5.2.	<i>Digestibilidad in vivo</i>	18
2.6.	Análisis estadístico y pruebas de significancia	19
2.7.	Procedimiento experimental	19
2.7.1.	<i>Fase de Campo</i>	19
2.7.1.1.	<i>Adecuación de instalaciones</i>	19
2.7.1.2.	<i>Formulación y elaboración de dietas</i>	19
2.7.1.3.	<i>Adquisición y manejo de animales</i>	20
2.7.2.	<i>Fase de laboratorio</i>	21

2.7.2.1.	<i>Análisis proximal de las dietas</i>	21
2.8.	Metodología de la evaluación	21
2.8.1.	<i>Determinación de la Materia Seca</i>	21
2.8.2.	<i>Determinación de la Proteína Cruda</i>	21
2.8.3.	<i>Determinación del Extracto Etéreo</i>	22
2.8.4.	<i>Determinación de la Fibra Cruda</i>	23
2.8.5.	<i>Determinación de la fibra detergente ácida</i>	24
2.8.6.	<i>Determinación manual de lignina detergente ácida</i>	25
2.8.7.	<i>Determinación de la fibra detergente neutra</i>	26

CAPITULO III

3.	MARCO DE RESULTADO Y DISCUSIÓN	28
3.1.	Análisis proximal de la dieta	28
3.2.	Evaluación de la digestibilidad por tratamiento	28
3.2.1.	<i>Evaluación de la digestibilidad in vivo de Materia Seca (DIVMS)</i>	29
3.2.2.	<i>Evaluación de la digestibilidad in vivo de materia orgánica (DIVMO)</i>	31
3.2.3.	<i>Evaluación de la digestibilidad in vivo de proteína cruda (DIPC)</i>	32
3.2.4.	<i>Evaluación de la digestibilidad in vivo de fibra cruda (DIVFC)</i>	34
	CONCLUSIONES	37
	RECOMENDACIONES	38

GLOSARIO

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Requerimientos nutricionales.....	6
Tabla 1-2:	Condiciones meteorológicas de la zona.....	16
Tabla 2-2:	Esquema del experimento.....	18
Tabla 3-2:	Esquema del ADEVA.....	19
Tabla 4-2:	Formulación de la dieta.....	20
Tabla 1-3:	Análisis proximal de los Tratamientos con diferentes niveles de fibra.....	28
Tabla 2-3:	Evaluación de diferentes niveles de fibra en la digestibilidad de cuyes <i>Cavia Porcellus</i>	28

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3:	Porcentaje de digestibilidad de la Materia Seca.....	29
Gráfico 2-3:	Evaluación de regresión del porcentaje de digestibilidad de la Materia Seca.	30
Gráfico 3-3:	Porcentaje de digestibilidad de Materia Orgánica.....	31
Gráfico 4-3:	Evaluación de regresión del porcentaje de digestibilidad de la Materia Orgánica.	32
Gráfico 5-3:	Porcentaje de digestibilidad de la Proteína Cruda.....	32
Gráfico 6-3:	Evaluación de regresión del porcentaje de la digestibilidad de Proteína Cruda.	33
Gráfico 7-3:	Porcentaje de digestibilidad de la Fibra Cruda.....	34
Gráfico 8-3:	Evaluación de regresión del porcentaje de digestibilidad de Fibra Cruda	35

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LA MATERIA SECA DE LOS CUATRO TRATAMIENTOS DE LA DIETA.
- ANEXO B:** ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LA MATERIA ORGÁNICA DE LOS CUATRO TRATAMIENTOS DE LA DIETA.
- ANEXO C:** ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LA PROTEÍNA CRUDA DE LOS CUATRO TRATAMIENTOS DE LA DIETA.
- ANEXO D:** ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LA FIBRA CRUDA DE LOS CUATRO TRATAMIENTOS DE LA DIETA.
- ANEXO E:** EVALUACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE FIBRA EN LA DIGESTIBILIDAD DE CUYES *CAVIA PORCELLUS*

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar los diferentes niveles de fibra cruda en la digestibilidad de cuyes (*Cavia porcellus*). Realizado en la universidad Nacional de Loja. Se utilizaron 32 cuyes machos tipo 1; con un peso promedio de 600 gr, se utilizó 32 jaulas metabólicas de 35 x 25 x 20 cm de malla galvanizada con sus respectivos comederos y bebederos. Para el estudio se aplicó un diseño completamente al azar, con 8 repeticiones y un tamaño de unidad experimental de un animal por jaula. La alimentación utilizada fue un pienso con un contenido de fibra cruda del (8, 11, 14 y 17%), previo a la fase de campo se realizó el respectivo análisis proximal de las dietas con la normativa AOAC 2000, estas fueron suministradas a los semovientes por un período de 7 días, para posteriormente la digestibilidad “*in vivo*” que consiste en la recolección de heces por cuatro días consecutivos para hacer los respectivos análisis. Los resultados experimentales fueron sometidos a un análisis de varianza (ADEVA), a la separación de medias mediante TUKEY con un nivel de significancia de ($P \leq 0.05$) y a un análisis de regresión, reportándose que las variables de la digestibilidad de Materia Seca, Materia Orgánica y Proteína Cruda tuvieron diferencias altamente significativas ($P < 0,01$), mientras que Digestibilidad de fibra Cruda solo significativas ($P < 0,05$). Se concluye al relacionar la composición bromatológica de las dietas con la digestibilidad los diferentes tratamientos fueron aprovechados de manera óptima, como también que los diferentes niveles de fibra no vieron afectada la digestibilidad, a pesar de tener valores que difieren estadísticamente, estos porcentajes no se consideran negativos dentro de la digestibilidad de los nutrientes. Se recomienda utilizar alimentos con un contenido de fibra ya que los cobayos tienen la capacidad de digerir este tipo de alimentos y aprovecharlos.

Palabras claves: <ANÁLISIS PROXIMAL >, < DIGESTIBILIDAD IN VIVO>, < DIGESTIBILIDAD DE MATERIA SECA>, < DIGESTIBILIDAD DE MATERIA ORGÁNICA>, < DIGESTIBILIDAD DE PROTEÍNA CRUDA>, < DIGESTIBILIDAD DE FIBRA CRUDA>.



Firmado electrónicamente por:
**CRISTHIAN
FERNANDO
CASTILLO RUIZ**



0563-DBRA-UTP-2022

ABSTRACT

The objective of this research focuses on the evaluation of the different levels of crude fiber in the digestibility of guinea pig (*cavia porcellus*). Carried out at the National University of Loja, 32 type 1 male guinea pigs were used; with an average weight of 600 gr. Moreover, 32 metabolic cages of 35 x 25 x 20 cm of galvanized mesh were used with their respective feeders and drinkers. For the study, a completely randomized design was applied, with 8 repetitions and an experimental unit size of one animal per cage. The food used was a feed with a crude fiber content of (8, 11, 14 and 17%), prior to the field phase, the respective proximal analysis of the diets was carried out with the AOAC 2000 regulations, these were supplied to the livestock for a period of 7 days, for later the digestibility "in vivo" that consists in the collection of feces for 4 consecutive days to make the respective analyzes. The experimental results were subjected to an analysis of variance (ADEVA), to the separation of medians by means of TUKEY with a significance level of ($P \leq 0.05$) and to a regression analysis, reporting that the variables of dry matter digestibility, Organic Matter and Crude Protein had highly significant differences ($P \leq 0.01$), while crude fiber digestibility was only significant ($P < 0.05$). It is concluded by relating the bromatological composition of the diets with the digestibility that the different treatments were used optimally, as well as that the different levels of fiber did not affect the digestibility, despite having values that differ statistically, these percentages are not considered negative within the digestibility of nutrients. It is recommended to use food with a fiber content since guinea pigs have the ability to digest this type of food and take advantage of it.

Keywords: <PROXIMAL ANALYSIS> <IN VIVO DIGESTIBILITY> <DRY MATTER DIGESTIBILITY> <DRY MATTER DIGESTIBILITY> <ORGANIC MATTER DIGESTIBILITY> <CRUDE PROTEIN DIGESTIBILITY> <CRUDE FIBER DIGESTIBILITY>

WASHINGTON
GUSTAVO MANCERO
OROZCO

Firmado digitalmente por WASHINGTON GUSTAVO MANCERO
OROZCO
DN: cn=WASHINGTON GUSTAVO MANCERO OROZCO
c=EC o=SECURITY DATA S.A. 2 ou=ENTIDAD DE
CERTIFICACION DE INFORMACION
Motivo: Soy el autor de este documento
Ubicación:
Fecha: 2022-04-11 21:20:05-00

INTRODUCCIÓN

La digestibilidad en el campo de la nutrición animal es un punto muy importante, ya que el aporte del cálculo nos ayuda para la elaboración de una ración alimenticia, es idóneo porque de esta manera se obtiene la información del aprovechamiento de los nutrientes que consume el semoviente (Cuibin et al., 2020. p.2).

Dentro de la producción de cobayos existe una amplia variedad de manejo en cuanto la alimentación, ya que en sistemas de producción tienen una amplia variedad de materias primas a utilizar, sin embargo cuantitativamente se debe tomar en cuenta la fracción de fibra digerible por el animal, es decir la lignocelulosa este porcentaje varía si se trabaja con forraje sea fresco o seco, con estos datos presentes se ve la necesidad de incluir diversas opciones de dietas en este caso isofibrosas (Pietsh et al., 2016. p.55).

Utilizar dietas con contenido de fibra en diferentes niveles, se da con la finalidad de poseer la información del aprovechamiento de la ración alimenticia en el cobayo, tomando en cuenta que el semoviente tiene la capacidad de digerirla. Sin embargo, hay que tener en claro la importancia de la fibra, ya que favorece la digestibilidad de los demás nutrientes contenidos en el alimento proporcionado, retardando el paso del alimento del tracto digestivo (Cardona et al., 2020. p.38).

Al trabajar con fibra se debe tener en claro su definición en el ámbito nutricional, se la considera una fracción heterogénea, donde su composición tiene resistencia a la actividad enzimática del tracto gastrointestinal. Sus componentes mayoritarios son los polisacáridos estructurales, hemicelulosa, pectina los cuales forman los carbohidratos insolubles, los polisacáridos de reserva y la lignina. Vale la pena recalcar que la fibra se considera una unidad biológica que variará su contenido en la dieta de acuerdo al tipo de alimento suministrado (Savón., 2002. p.93).

Las fuentes alimenticias utilizadas en su gran mayoría son los pastos, sin embargo, la calidad del mismo varía según la zona y la estación, no cubriendo en su totalidad los requerimientos nutricionales para la producción de los semovientes. Por lo cual actualmente se utiliza el aporte de balanceados para cubrir las necesidades alimenticias. Utilizando una ración alimenticia con una aportación de fibra se pretende asegurar el aprovechamiento de los nutrientes, como también aportar con información que ayude al productor para una mejor producción en especies menores.

Por lo anteriormente expuesto, en el presente trabajo se plantearon los siguientes objetivos:

- Relacionar la composición bromatológica de las dietas con la digestibilidad de los nutrientes.
- Determinar la digestibilidad *in vivo* de dietas con diferentes niveles de fibra cruda.

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Uso de la fibra en la digestibilidad de los cuyes

Para los monogástricos, la fibra cruda tiene un valor variable bajo (Church y Pond, 1990; citados en Maldonado y Mejía, 2013). Según varias experiencias realizadas se ha podido determinar que distintos tipos de fibra en dietas isofibrosas tienen acciones diferentes sobre la motilidad intestinal y la aparición de trastornos. La estructura física y el tamaño de las partículas también actúan sobre la motilidad, las partículas gruesas favorecen y tienen una mayor velocidad de paso. En este mismo contexto, una molienda excesiva de los ingredientes, que aportan fibra larga, da lugar a una disminución de su valor lastre (De Blas, 1989 citado en Condori, 2014).

La importancia de la fibra en las raciones es esencial ya que su inclusión favorece la digestibilidad de otros nutrientes, a su vez retarda el pasaje del contenido alimenticio a través del tracto digestivo del cobayo (*Food and Agriculture Organization*, 1997. p. 42).

1.2. Aparato digestivo del cuy

De acuerdo con Chauca (1997, p.37), la digestión del cuy es un proceso que inicia en la cavidad bucal ayudando a la ingestión de los alimentos con la trituración mecánica. Sin embargo, cabe recalcar que el cuy se lo considera como una especie herbívora mono gástrica y según la clasificación por su anatomía gastrointestinal es un fermentador pos gástrico debido a los microorganismos que posee a nivel del ciego.

1.2.1. Cavidad bucal

La cavidad bucal se la encuentra dentro de la cabeza del animal que posee una forma cónica y de longitud variable según el tipo de cuy (Chauca, 1997. p.2). La boca posee una forma triangular que consta de huesos maxilares y el hueso más grande del cráneo, la mandíbula, que conduce a una pequeña cavidad bucal. La mandíbula se ensancha caudalmente (Gannon y Col., 1994 citados en Hargaden y Singer, 2012). La fórmula dental total es 20 que es I 1/1, C 0/0, P 1/1, M 3/3 (Breazile y Brown, 1976 citados en Hargaden y Singer, 2012).

1.2.2. Estómago

El estómago se encuentra en el abdomen craneal izquierdo y está en contacto con el lóbulo hepático izquierdo y el intestino delgado (Breazile y Brown, 1976 citados en Hargaden y Singer, 2012) es denominado completamente glandular, es decir son monos gástricos. Se distinguen 4 estructuras que son cardias, fundus, cuerpo y píloro (Angosto y Villarejo., 2014 citado por Ortega, 2019). El estómago de estos animales posee dos curvaturas, que cuando está repleto alcanza en la curvatura mayor 16.5 cm y la curvatura menor 3 cm (Guerra, 2009 citado en Ortega, 2019).

1.2.3. Intestino delgado

En definición se puede mencionar que es aquella parte del aparato digestivo que digiere el material alimenticio y absorbe el producto terminal del proceso de digestión. Con objeto de efectuar sus funciones digestivas (Arce, 2016. p.18).

El intestino delgado no posee características que ayuden a distinguir las tres secciones del intestino delgado que son el (duodeno, yeyuno e íleon) la medida aproximada es de 125 cm de longitud y la parte más larga del tracto digestivo (Breazile y Brown, 1976 citados en Hargaden y Singer, 2012). De las tres secciones, el duodeno es la más corta. (10-12 cm de largo), el yeyuno es el más largo con 95 cm y el íleon mide unos 10 cm (Cooper y Schiller, 1975 citados en Hargaden y Singer, 2012).

1.2.4. Intestino grueso

El cuy, posee un intestino grueso (*Intestinum crassum*) considerado un órgano bastante desarrollado. Esta comprendido por el ciego (Dellmann, 1993; citado en Morales et al., 2011). Es la primera sección del intestino grueso, posee una mayor dilatación del tracto digestivo llegando así a ocupar gran parte de la cavidad abdominal puede llegar a medir de 15 a 20 cm (Manning et al., 1984 citados en Hargaden y Singer, 2012), colon ascendente, colon transversal, colon descendente este tiene su terminación en el recto y tiene una similitud con el colon se encuentra ubicado en la línea media durante aproximadamente 10 cm antes entrando al canal anal, recto y ano.

Su medida aproximada es de 70 a 75 cm de largo (Cooper y Schiller, 1975 citado en Hargaden y Singer, 2012). El intestino grueso presenta muchas modificaciones macro y microscópicas para así descomponer las grandes cantidades de alimento rico en celulosa (Dellmann, 1993; citado en Morales et al., 2011).

1.3. Fisiología digestiva del cuy

Ayuda a estudiar los mecanismos que transfieren los nutrientes tanto orgánicos como inorgánicos al medio interno que serán conducidos por el sistema circulatorio a cada una de las células del organismo. Un proceso que se lo denomina bastante complejo porque está comprendido por la ingestión, digestión y absorción de los nutrientes en el tracto digestivo (Chauca, 1997. p.37).

1.4. Procesos digestivos

Es importante identificar el inicio del proceso de digestión de los cuyes que empieza por la boca con la ingestión de los alimentos y la posterior trituración mecánica y masticación de los mismos por las piezas dentarias, estas están diseñadas en especial para las funciones anteriormente mencionadas, dando como resultado la reducción del tamaño de partícula de la digesta la cual se mezclará con la saliva (Bustamante, 1993 y Sakaguchi, 2003, citado en Quintana, 2009).

Luego el esófago ayuda a impulsar el alimento de la faringe al estómago por un proceso llamado peristaltismo. (Harkness, Murray, & Wagner, 2002, citado en Ramón,2017). Cuando llega al estómago el alimento tiene un proceso parcial ya que por acción del ácido clorhídrico y las enzimas lipasa, amilasa y pepsina gástricas, pasa al duodeno donde la digestión es continuada por las enzimas biliares, pancreáticas y entéricas, para ser absorbido a lo largo del intestino delgado este movimiento de la ingesta a través del estómago e intestino delgado se lo ha considerado rápido ya que no demora más de dos horas en llegar la mayor parte de la ingesta al ciego (Reid,1948,citado en Gómez y Vergara,1993,citado en Chauca,1997).

En el ciego se llega cumplir procesos de fermentación de alimento y clasificación de las heces para la cecotrofia, este proceso es importante ya que acumula 250 a 600 cc de contenido (Dihigo, 2007, citado en Ramón,2017).

Vale la pena detallar que el ciego constituye cerca del 15 por ciento del peso total del animal y que la flora bacteriana existente permite el aprovechamiento de la fibra, es menos eficiente que el rumen porque los microorganismos se multiplican en un punto que sobrepasa al de la acción de las enzimas proteolíticas, sin embargo ya que el tiempo de multiplicación de los microorganismos es mayor a la retención del alimento la especie lo resuelve por medio de mecanismos que aumentan la permanencia y en consecuencia la utilización de la digesta. (Chauca, 1997. p.37).

1.5. Requerimientos nutricionales

Al realizar diferentes investigaciones se ha podido determinar los requerimientos nutricionales de los cobayos según su etapa como se evidencia en la tabla 1-1.

Tabla 1-1: Requerimientos nutricionales

NUTRIENTE	UNIDAD	ETAPA		
		Gestación	Lactancia	Crecimiento
Proteínas	%	18	18–22	13–17
Energía Digestible	kcal/kg	2800	3000	2800
Fibra	%	8–17	8–17	10
Calcio	%	1,4	1,4	0,8–1,0
Fosforo	%	0,8	0,8	0,4–0,7
Magnesio	%	0,1–0,3	0,1–0,3	0,1–0,3
Potasio	%	0,5–1,4	0,5–1,4	0,5–1,4
Vitamina C	mg	200	200	200

Fuente: National Research Council y otros, 1995; citados en Chauca, 1997.

Realizado por: Estrella, F.2021

1.5.1. Proteína

Las proteínas son consideradas indispensables para los seres vivos ya que forman parte de los órganos y estructuras blandas del cuerpo constituyendo los fluidos sanguíneos, enzimas y anticuerpos inmunológicos. En los cuyes es la etapa de crecimiento la de vital importancia ya que existe la formación del tejido músculo (Solorzano y Sarria, 2014. p.86).

El requerimiento de la proteína es del 30 por ciento si este se encuentra compuesto con dos fuentes proteicas, el valor puede ser incrementado de 30 o 15 por ciento si se suministra proteínas simples como caseína o soya. (Chauca, 1997. p.38). Se debe tomar en cuenta la disponibilidad del forraje sea este gramínea o leguminosa ya que los 7,2 g de proteína/día consumido debe ser aportado por el forraje y concentrado consumido por el cobayo (Maldonado y Mejía, 2013; citados en Tamaki y Vásquez, 1993).

1.5.2. Energía

La energía en la dieta es de vital importancia ya que ayuda a mantener las funciones metabólicas vitales para el crecimiento, mantenimiento y reproducción (Solorzano y Sarria, 2014. p.85). Para que un animal se provea de energía dentro de su dieta debe estar presente los carbohidratos, lípidos y

proteínas. Los más disponibles son los carbohidratos fibrosos y no fibrosos estos los encontramos en los alimentos de origen vegetal (Chauca, 1997. p.43).

Los requerimientos de energía para los cuyes son de 3.0 Mcal ED/kg (NRC, 1978; citados en Sarria et al., 2019). Sin embargo, en investigaciones se ha señalado que para las diversas etapas como crecimiento, engorde, gestación y lactación se considera ideal 2.90, 2.86 y 2.86 Mcal ED/Kg respectivamente (Airahuacho y Vergara, 2017; citados en Sarria et al., 2019). Es importante detallar que una ingestión excesiva de energía podría causar problemas de salud en los cuyes con una deposición exagerada de grasa generándoles problemas reproductivos (Solorzano y Sarria, 2014. p.85).

1.5.3. Fibra

La fibra tiene una gran importancia en la dieta de los cuyes ya que esta ayuda a retardar el paso del contenido alimenticio a través del tracto digestivo favoreciendo así la digestión de los nutrientes de igual manera su deficiencia afectaría en el crecimiento retardado afectando el proceso productivo (Solórzano y Sarria, 2014. p.85).

El porcentaje utilizado en concentrados para la alimentación de cuyes van del 5 al 18 por ciento cuando es tratado como animal de laboratorio mientras que por etapas se podría considerar que en gestación, lactancia y crecimiento serían 8-17%, 8-17% y 10 % respectivamente (Chauca, 1997. p.42).

1.5.4. Grasa

Es una sustancia que se disuelve en un diluyente orgánico, pero llega a ser insoluble en el agua este nutriente posee 2.25 veces más energía que las proteínas y carbohidratos (INATEC, 2016. p.6). El cobayo posee un requerimiento de grasa o ácidos grasos no saturados en una cantidad de 4 g/kg. La falta de grasa en la ración produce un retardo en el crecimiento, dermatitis, úlceras en la piel, pobre crecimiento del pelo y caída del mismo (Chauca, 1997. p.45).

1.5.5. Vitamina C

La vitamina C conocido como ácido L- ascórbico es un compuesto incoloro, cristalino, hidrosoluble, de carácter ácido y fuertemente reductor (Mc Donald et al., 1995. p.87). En los cuyes al igual que otras especies esta vitamina es indispensable para la vida ya que esta no es sintetizada ni almacenada en el organismo, su requerimiento diario es de 20 mg/ 100g de alimento y su

deficiencia provoca pérdida de apetito parálisis de miembros posteriores y muerte (NRC, 1995; citados en Solórzano y Sarria, 2014).

1.5.6. Minerales

Un pequeño porcentaje del alimento para los animales está formado por la materia mineral. Los minerales alimenticios se clasifican en dos grupos esenciales y no esenciales. En los animales los minerales cuya presencia es indispensable está clasificado es tres grupos:

Estructurales: Calcio, fósforo y magnesio.

Electrolíticos: Sodio, Potasio y cloro.

Traza: Cobre, Cinc, Manganeso, Hierro, Yodo, Molibdeno, Selenio, Azufre, Cobalto y Flúor (Shimada, 2005. p.189).

Si los cuyes reciben una adecuada cantidad de pastos es innecesario proporcionar minerales a su alimentación balanceada, sin embargo, los minerales que pueden ser suministrados en las diferentes fases de los cobayos son Calcio 0.8%, Fósforo 0.4% y Sodio 0.2%. La deficiencia puede causar alteraciones como falta de apetito, huesos frágiles, desproporción articular abortos etc. (Solórzano y Sarria, 2014. p.87).

1.5.7. Agua

El agua es uno de los elementos que debemos considerar en la alimentación. El animal obtiene el agua según su necesidad posee tres fuentes:

- Agua de bebida que se le proporciona a discreción al animal.
- Agua contenida en los alimentos como humedad.
- Agua metabólica que es producida por el metabolismo por oxidación de los nutrientes orgánicos que contienen hidrógeno (Chauca, 1997. p.44).

El requerimiento de agua es de 120 cm³ por cada 40 g de materia seca de alimento consumido, se debe procurar que el agua se encuentre fresca y libre de contaminación (Vivas y Carballo, 2009. p.26).

1.5.8. Fibra dietética

La fibra dietética es denominada una unidad biológica, que encontraremos según el tipo de planta o alimento (Savón, 2002. p.93). Esta estructura heterogénea en la que se integran compuestos diferentes con estructura química y propiedades tanto físicas como biológicas diversas, esta fibra

dietética está representada por celulosa, hemicelulosa, sustancias pécticas y lignina, así como otros polisacáridos insolubles que se integren a la fibra (Sastre,2003; citados en Salazar,2018).

1.6. Composición fisicoquímica de la fibra

1.6.1. Celulosa

Es el constituyente principal de los vegetales, lo encontramos presente en mayor cantidad que la hemicelulosa la que no es precursor ni derivado. Su unidad básica estructural es la celobiosa (Van Soest,1982; citados en Aguire,2008). Según lo mencionado por Chauca (1997, p.37), que la celulosa en la dieta retarda los movimientos del contenido intestinal permitiendo una mayor eficiencia en la absorción de nutrientes, siendo en el ciego e intestino grueso donde se realiza la absorción de los ácidos grasos de cadenas cortas.

1.6.2. Hemicelulosa

Las hemicelulosas son un grupo de diversos polisacáridos con menor grado de polimerización que la celulosa. Generalmente, se trata de heteropolímeros ramificados con un esqueleto constituido por xilosa, glucosa, manosa o galactosa, con enlaces β (1-4), con cadenas laterales formadas por arabinosa, ácido galacturónico, galactosa, glucosa o xilosa (Navarrete,2008, p.6). Es importante recalcar que en los forrajes la unidad básica estructural es la xilosa, con lo que respecta otros alimentos puede ser la manosa o la galactosa (Van Soest,1982; citados en Aguire,2008).

1.6.3. Lignina

La lignina no es un carbohidrato, sin embargo, posee una estrecha relación con la celulosa y la hemicelulosa; es un polímero compuesto de diversas sustancias fenólicas (alcoholes) y por esto tiene características hidrofóbicas las mismas que hacen que se disminuya la digestibilidad del forraje; pero la lignina no es del todo indigestible depende del tipo de compuestos fenólicos (Vargas,2016. p.2).

1.6.4. Ácidos fenólicos

Los ácidos fenólicos se los encuentra en dos grupos: los ácidos hidroxibenzoicos y los ácidos hidroxicinámicos, estos compuestos se consideran importantes antioxidantes en la dieta, se los puede encontrar presentes tanto en frutas, hortalizas, raíces y cereales (Peñarrieta et al., 2014. p.69).

1.7. Análisis químico de nutrientes

1.7.1. Materia seca

La materia seca es la parte que queda de una muestra de forraje fresco o también denominada materia verde, obtenida de una pradera, ensilaje, heno o granos, a la que se le ha extraído el agua mediante secado forzado (Escobar et al.,2020. p.1). Es importante recalcar que esta se divide en materia orgánica dentro de esta encontramos carbohidratos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, ácidos orgánicos y vitaminas dentro de la división materia inorgánica (Abondi, 1988. p.4).

Para determinar la materia seca en el laboratorio se coloca el material de estudio dentro de la estufa y dejarlo ahí hasta que se evapore toda el agua libre que contenga la muestra. Por lo general, las temperaturas a utilizar van entre 100 a 105° C para luego aplicar la fórmula (Church et al., 2002. p.27).

$$\% \text{ Materia seca} = 100 - \% \text{ humedad}$$

1.7.2. Proteína cruda

Llamada también proteína bruta, refiriéndose al porcentaje de proteína que puede llegar a contener un alimento, este es de vital importancia sobre todo en animales de crecimiento y producción. El valor que contiene un pasto de proteína se lo obtiene por análisis químico (INIA, 2018. p.2).

Se puede realizar el análisis por una técnica propuesta por Kjeldahl, con este método se realiza una digestión con ácido sulfúrico, donde el nitrógeno se va a convertir en amoníaco menos el que está en forma de nitritos y nitratos. El amoníaco es liberado al añadir hidróxido sódico al producto de la digestión, este se destila y se recoge en una solución normalizada de ácido, determinándose la cantidad recogida por volumetría o siguiendo un método colorimétrico automatizado. Se considera que el nitrógeno es de origen proteico y que estas contienen 16 por ciento de nitrógeno, de tal modo que multiplicando la cantidad de nitrógeno por 100/16 ó 6.25 se obtiene la cantidad de proteína aproximada existente en el alimento (McDonald et al.,1995.p.4).

1.7.3. Energía

La energía de un alimento es considerada como el combustible que un animal usa para poder lograr los productos derivados de ese alimento (INIA, 2018. p.2). Los animales llegan a obtener la energía en la oxidación parcial o completa de los carbohidratos, grasas, proteínas ingeridas y absorbidas o por degradación de glucógeno, grasa o proteína almacenada en el organismo la energía está distribuida en fracciones como energía de las heces y energía digestible (Abondi, 1988. p.307).

Para indicar el valor energético se usa el método calorimétrico donde la energía que se desprende del alimento al quemarse totalmente en la bomba calorimétrica, es un valor que aproxima a la energía que podemos obtener de forma rápida en el laboratorio (Shimada, 2005. p.35).

1.7.4. Grasa cruda

La grasa cruda o extracto etéreo se denomina a la fracción de lípidos que contiene el alimento principalmente aceites y grasas (Gallardo, 2007). En los vegetales los lípidos son de tipo estructurales que se encuentran formando membranas y capas de protección así constituyendo aproximadamente el 7 por ciento de las hojas de las plantas y de reserva los podemos encontrar en frutas y semillas (McDonald et al., 1995. p.27).

El método para obtener el extracto etéreo es el Soxhlet donde las muestras se someten a una extracción con éter dietílico es un periodo de 4 horas o más donde la principal razón de obtener el extracto etéreo es aislar una fracción de los forrajes que tengan un elevado valor calórico (Church et al., 2002. p.29).

La fórmula para aplicar es la siguiente:

$$\% \text{ EE} = (a-b) / c \times 100$$

a = Peso del balón del Soxhlet mas el EE.

b = Peso del balón vacío.

c = Peso de la muestra inicial en gramos.

1.7.5. Fibra cruda

Fibra cruda son aquellas sustancias orgánicas no nitrogenadas compuestas por celulosa en un 90%, hemicelulosa y lignina, estas no se disuelven tras hidrolisis sucesivas (García et al.,2008). Es importante recalcar que la fibra cruda suele emplearse para que se evalúe la calidad de los alimentos de origen vegetal (Möller, 2014. p.2).

Para determinar la fibra cruda se hierve la muestra que se sometió a extracción con éter, primero en ácido diluido y luego en una base diluida; posterior al proceso se filtra y se seca luego lo se lo quema en un horno. La fracción de fibra cruda es la diferencia entre el peso antes y después de quemar la muestra, con este proceso se trata de imitar el proceso digestivo que ocurre en el estómago y luego en el intestino delgado de los animales (Church et al.,2002.p.29).

1.7.6. Fibra detergente neutra

Es representada por los componentes de la pared celular de las plantas que pueden ser: hemicelulosa, celulosa, lignina, etc. Es importante tener en cuenta que FND alta no va implicar un alimento de tipo fibroso siempre, eso dependerá que la composición química y del grado de lignificación (Gallardo,2007).

Para poder extraer la fibra detergente neutra las muestras deben ser hervidas por una hora con una solución que contiene laurilsulfato sódico. Este detergente ayuda a la extracción de lípidos, ácidos orgánicos y otros materiales hidrosolubles; pectina; compuestos nitrogenados no proteicos; proteína soluble; sílice y taninos. La FND es digerida parcialmente por cualquier especie y en mayor grado por los rumiantes (Church et al., 2002. p.30).

1.7.7. Fibra detergente ácida

Considerada una parte de la pared celular compuesta por celulosa ligada a lignina, como también de compuestos maillard; sílice; cutina, etc. Esta fracción es considerada un indicador indirecto del grado de digestibilidad del forraje (Gallardo,2007).

Para realizar la técnica se debe hervir las muestras en una solución de bromuro cetiltrimetilamonio con ácido sulfúrico durante una hora. Los componentes solubles en el detergente ácido son: hemicelulosas, proteínas e la pared celular y el residuo incluye celulosa, lignina y nitrógeno, sílice y algunas pectinas esto se hace referencia como fibra detergente ácida (Church et al., 2002. p.30).

1.8. Métodos para determinar la digestibilidad

La digestibilidad de los alimentos se define como la cantidad que no es excretada en las heces por el animal, por lo tanto, es considerada como absorbida en el mismo. En los experimentos de digestibilidad se procura que los animales sean de la misma especie, edad y sexo y aun así estos presentan pequeñas diferencias en su capacidad digestiva, en el caso de animales de menor tamaño se mantiene el uso de jaulas metabólicas que permitan la separación de las heces y la orina (McDonald et al., 1995. pp.205-206).

1.8.1. Digestibilidad in situ

Es un método realizado en el laboratorio que trata de reproducir las reacciones que tiene lugar en el tracto digestivo del animal, para poder determinar la digestibilidad de los alimentos permitiéndonos demostrar que cantidad de nutriente en particular desaparece en la bolsa dependiendo del tiempo. Estas bolsas que incuban el contenido pueden variar entre 2 y 96 horas (Sánchez & Mendieta., 2000. p.28).

1.8.2. Digestibilidad in vitro

La digestibilidad in vitro es un método rápido y económico. Este método trata de reproducir en el laboratorio las funciones de los microorganismos, encargándose que el alimento pase por un proceso de triturado y molido, a diferentes acciones de ácidos, bases y enzimas (Cordova,1993; citado en Rosales & Tang.,1996).

Dentro de los métodos de laboratorio se puede usar la clorhídrica pepsina para medir la digestibilidad de las proteínas donde la muestra del alimento es sometida a una digestión HCl y pepsina donde se incuba a 40 grados centígrados durante 24 horas para la digestibilidad, la proteína que queda en el filtrado se lo considera como no digestible y por diferencia se obtiene el valor de la digestibilidad in vitro (Sánchez & Mendieta., 2000. p.53).

1.8.3. Digestibilidad in vivo

El método de digestibilidad in vivo se dice que da una buena estimación de la digestibilidad de los alimentos, se lo puede realizar por colección total de heces este proceso es el que mide más exactamente la digestibilidad de un alimento (Tobal, 1999. p. 96).

La recolección de heces varía según la especie, tamaño y las condiciones que puede encontrarse el animal, cuando se usa jaulas de digestibilidad lo que se desea es disminuir el movimiento del animal como también que se aisle las heces fecales de las orinas del animal (Cañas, 1995; citado en Tobal., 1999. p. 97).

Previo a la recolección de heces los animales pasan por un período de adaptación de la dieta experimental, este alimento debe ser uniforme y cuidadosamente pesado, de la misma manera se pesan y toman las muestras de la parte rechazada por el animal (Church, 1974; citado en Tobal., 1999. p. 97).

El tiempo que son recogidas las heces es muy importante, si está dentro de un periodo de 5 a 10 días el horario para recolectar podría iniciar un lunes a las 7:30 am y terminar sábado 7:30 am. Esperando que las heces sean representativas de los alimentos ingeridos durante el periodo de días anteriores por lo cual es importante el periodo de acostumbamiento (Lascano et al,1990; citado en Tobal., 1999. p. 98).

Para calcular la digestibilidad in vivo que está expresada en forma porcentual que se calcula con la siguiente fórmula (Bondi,1989; citado en Bone et al.,2012).

$$\text{Coeficiente de digestibilidad} = \text{NI} - \text{NEH} / \text{NI} \times 100$$

Donde:

NI = Nutrientes ingeridos.

NEH = Nutrientes excretados en las heces.

1.9. Investigaciones en evaluación de diferentes niveles de fibra en la digestibilidad de cuyes

En la investigación donde se estudió la digestibilidad in vivo con 4 tratamientos, la dieta reporto según los análisis los siguientes niveles de fibra (14.11, 16.23, 47.22, 39.98 y 31.16%) estos datos de contenido de nutrientes son por cada 100 gr de materia seca las arbustivas forrajeras henificadas. Los coeficientes de digestibilidad de fibra fueron los siguientes (67.67, 45.17, 77.29, 84.42 y 83.89 %), reportando diferencias altamente significativas en los tratamientos T3, T4, T2 y T0, a pesar de tener niveles altos en fibra la digestibilidad tiene un resultado alto concordando con investigaciones similares (Bone et al.,2012).

Para los diversos investigadores es importante estudiar que tan digestible puede ser una dieta o forraje para la producción de cobayos (Narvárez & Delgado,2012), con su investigación para determinar la digestibilidad de forrajes con la valoración de la técnica in vivo en cobayos, que a

su vez con estas materias primas que poseen diferentes niveles de fibra reportan los siguientes resultados el análisis químico T0 (38.23), T1 (31.29), T2 (29.49), T3 (27.45), T4 (33.24) y T5 (20.45) los mismo que sus coeficientes de digestibilidad fueron T0 (82.69), T1 (50.16), T2 (57.67), T3 (25.01), T4 (40.62) y T5 (94.54).

El mismo autor agrega que los valores más bajos de digestibilidad pueden darse posiblemente por el bajo contenido de energía y proteína del tratamiento limitando el desdoblamiento microbiano de la fibra, recomendando en si utilizar el T0 y T5 en la dieta ya que sería una buena alternativa de alimentación ya que asegura el aprovechamiento óptimo por el semoviente.

En la ciudad de Loja se realizó la investigación por (Jumbo, 2019, p.20) donde al trabajar con diferentes niveles de fibra (8.50, 9.10, 12.20 y 15.10%) dentro de la dieta, aplicando digestibilidad in vivo obtuvo los siguientes resultados respectivamente (54.7, 38.7, 29.9 y 36.6%) en los análisis de las heces recolectadas. Esta autora nos menciona que aumentar los niveles de fibra no afecta la digestibilidad de materia seca que evalúa dentro de sus variables, pero a su vez redujo la digestibilidad de ceniza.

CAPITULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Localización y duración del experimento

El lugar de estudio donde se ejecutó este trabajo experimental corresponde a la Quinta Experimental Punzara de La Universidad Nacional de Loja, ubicado a 2135 msnm en la Provincia de Loja; cuyas condiciones meteorológicas se reportan en la tabla 1-2.

Tabla 1-2: Condiciones meteorológicas de la zona

PARÁMETROS	VALORES PROMEDIO
Altitud (msnm)	2135
Temperatura (°C)	19,25
Precipitación (mm)	906,9
Humedad relativa (%)	74,5

Fuente: INAMHI, 2009

Realizado por: Estrella, F. 2021

El tiempo de duración del experimento fue de 60 días, los cuales se fueron desarrollando en base a las siguientes actividades: Formulación de raciones, adecuación de las instalaciones para la recepción de los semovientes, periodo de adaptación de los animales a las dietas, evaluación de las variables de estudio en el laboratorio de Bromatología de la Universidad Nacional de Loja y tabulación de los datos obtenidos.

2.2. Unidades experimentales

Para el desarrollo de la presente investigación se utilizaron 32 cuyes adultos de la línea mejorada (machos), de tres meses de edad y un peso promedio de 600 g.

2.3. Materiales, equipos e instalaciones

2.3.1. Materiales

- 32 cuyes
- Alimento (Dietas experimentales)

- Registros
- Overol
- Botas

2.3.2. Equipos

- Jaulas metabólicas
- Comederos
- Bebederos automáticos
- Balanza digital
- Frascos estériles (recolección de heces)
- Computadora
- Impresora
- Cámara

2.3.3. Insumos

- Reactivos
- Desinfectantes

2.3.4. Instalaciones

- Unidad de Investigación de especies menores (Universidad Nacional de Loja).

2.4. Tratamientos y diseño experimental

Se evaluó la digestibilidad de los diferentes niveles de fibra (8,11,14 y 17 %). Se aplicó un Diseño Completamente al Azar (DCA), con 8 repeticiones y un tamaño de unidad experimental de un animal por jaula, por lo que para el análisis se ajustó al siguiente modelo lineal aditivo:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = Valor de la variable es determinación

μ = Media general

α_i = Efecto de los tratamientos

e_{ij} = Efecto del error experimental

El esquema del experimento empleado para la investigación se muestra en la tabla 2-2.

Tabla 2-2: Esquema del experimento

TRATAMIENTOS	REPETICIONES	TUE	REP/TRAT.
8% Fibra cruda	8	1	8
11% Fibra cruda	8	1	8
14 % Fibra cruda	8	1	8
17 % Fibra cruda	8	1	8
TOTAL			32

TUE: Tamaño de la Unidad Experimental

Realizado por: Estrella, F. 2021

2.5. Mediciones experimentales

2.5.1. Análisis proximal

- Humedad
- Materia seca
- Materia orgánica
- Proteína cruda
- Fibra cruda
- Fibra detergente neutra
- Extracto etéreo
- Extracto libre de Nitrógeno

2.5.2. Digestibilidad in vivo

- Digestibilidad de materia seca
- Digestibilidad de materia orgánica
- Digestibilidad de proteína cruda
- Digestibilidad de fibra cruda

2.6. Análisis estadístico y pruebas de significancia

Los resultados experimentales que se obtuvieron fueron sometidos a los siguientes análisis estadísticos:

- Análisis de varianza (ADEVA) $P \leq 0.05$.
- Separación de medias de los tratamientos según la prueba de Tukey $P \leq 0.05$.
- Análisis de regresión.

El esquema del análisis de Varianza se detalla en la tabla 3-2.

Tabla 3-2: Esquema del ADEVA.

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD
Total	31
Tratamientos	3
Error experimental	28

Realizado por: Estrella, F. 2021

2.7. Procedimiento experimental

Para realizar las pruebas de digestibilidad, se desarrollaron las siguientes actividades:

2.7.1. Fase de Campo

2.7.1.1. Adecuación de instalaciones

Se realizó una limpieza seca y desinfección de las instalaciones con productos a base de formaldehidos. Se adecuaron 32 jaulas metabólicas de 35 x 25 x 20 cm de malla galvanizada, a las que se les equiparon con sus respectivos comederos manuales y bebederos automáticos.

2.7.1.2. Formulación y elaboración de dietas

Se formularon cuatro dietas con diferentes niveles de fibra (8,11,14 y 17%) las mismas que se detallan en la tabla 4-2.

Cuando se obtuvo las materias primas en la planta de balanceados se elaboró el alimento para los semovientes, donde fue debidamente pesada y mezclada en la tolva para luego ser empacada y sellada en las lonas.

Tabla 4-2: Formulación de la dieta

MATERIAS PRIMAS (Kg)	TRATAMIENTOS (% FIBRA CRUDA)			
	T1	T2	T3	T4
Afrecho de trigo	47.60	47.60	47.60	18.78
Trigo	30.57	14.46	0.81	0
Tamo de arroz Chilena	28.90	28.90	28.90	28.90
Soya	25.71	38.31	50.59	74.50
Aceite de Palma	21.51	22.10	22.21	24.18
Melaza	4.79	7.71	9.83	12.41
Sal	5.10	5.10	5.10	5.10
L-Lisina-HCl	0.48	0.47	0.46	0.44
DL-Metionina	0.67	0.70	0.73	1.71
Treonina	0.25	0.27	0.29	0.33
Premezcla	0.43	0.47	0.51	0.58
Vitamina C	0.34	0.34	0.34	0.34
Carbonato de Calcio	0.05	0.05	0.05	0.05
Fosfato Monocálcico	3.43	3.35	2.39	2.08
Atrapador	0.00	0.00	0.00	0.45
	0.17	0.17	0.17	0.17

Realizado por: Estrella, F. 2021

2.7.1.3. Adquisición y manejo de animales

Se trabajó con 32 cuyes adultos tipo 1 con un peso aproximado de 600 a 700 gr los mismos que fueron pesados de manera individual, luego se colocaron aleatoriamente en cada jaula según los tratamientos donde se les aplicó la dieta respectiva.

Se realizó un periodo de adaptación de siete días, posteriormente por cuatro días consecutivos se tomó las muestras diarias de heces de cada unidad experimental en fundas estériles debidamente rotuladas que fueron llevadas al laboratorio para el respectivo análisis. Se registró el peso y el consumo de alimento de las unidades experimentales en el día 4 de toma de muestras.

2.7.2. Fase de laboratorio

2.7.2.1. Análisis proximal de las dietas

Se tomó 500 gr de muestra de cada tratamiento con diferentes niveles de fibra y se envió al laboratorio de bromatología de la Universidad Nacional de Loja donde se determinó la composición química de cada una. Los métodos que se utilizaron para la determinación de materia seca, proteína cruda, extracto etéreo y extracto libre de nitrógeno fue el método de Weende basado a la normativa AOAC 2000.

2.8. Metodología de la evaluación

2.8.1. Determinación de la Materia Seca

Para obtener la Materia se calculó mediante fórmula sin embargo la muestra debe pasar por el siguiente proceso:

- Primero se lavó y seco los crisoles por un espacio de 8 horas a 105 °C luego esperamos que se enfríe en el desecador hasta que estos estén en temperatura ambiente y tomar el peso.
- Pesar cada una de las muestras en la balanza de precisión entre 1,5 a 2 gr ya sea la muestra de alimento o la muestra de heces del cobayo.
- Cada una de las muestras se colocó en la estufa a 105°C por 12 h.
- Luego de secar cada una de las muestras se procedió a ubicarlas en el desecador y esperar que se enfríen.
- Pesar las muestras en la balanza de precisión.
- Registrar cada uno de los pesos iniciales como finales.
- Se procedió a calcular mediante la siguiente fórmula % Materia seca = $\frac{\text{Peso de la muestra seca}}{\text{peso muestra antes del secado}} \times 100$.

2.8.2. Determinación de la Proteína Cruda

Para realizar los análisis de Proteína Cruda se realiza por el método Kjeldahl donde realizamos los siguientes pasos:

Digestión:

- Se colocó una cantidad adecuada de la muestra puede ser entre 0,1 y 4 gr en el tubo Kjeldahl de 500 ml.
- Luego se colocó el catalizador de 10 a 20 ml de Ácido Sulfúrico es importante detallar que todo el material debe ser sumergido por el ácido para que no existan pérdidas del nitrógeno.
- Luego seteamos la rampa de temperatura esperamos la digestión puede durar de 1 a 3 horas.

Destilación:

- Se preparó un Erlenmeyer con 25 ml de H_3BO_3 al 4 % ahí se recogió el NH_3 destilado
- Se agregó unas gotas de indicador Mortimer color rojo, este proceso se realiza a la salida del refrigerante cuidando que el extremo del mismo este sumergido en la solución ácida.
- El equipo se fue encargando de agregar la cantidad necesaria de la solución de NaOH 40% como para neutralizar el ácido sulfúrico.
- Cuando vimos que el indicador vira a color azul nos indicó que ya empieza a titularse el NH_3 por arrastre en corriente de vapor.
- Se destilo hasta que el Erlenmeyer colector llegan a unos 200 ml, ya que se presumen que los primeros 150 ml de destilado contienen generalmente la totalidad de NH_3 .

Valoración:

- Para la valoración con una solución de H_2SO_4 0,1 N, hasta que logramos verificar el viraje del indicador de Mortimer nos dé un color rojo

Blanco:

- Es importante realizar el mismo proceso con un blanco de reactivos, siguiendo las mismas muestras sin colocar muestra en un balón.

2.8.3. Determinación del Extracto Etéreo

Para el método de extracción de grasas las grasas son extraídas con éter de petróleo donde se evalúan como porcentaje del peso después de que el solvente es evaporado.

- Se preparó la muestra con una homogenización previa.
- Para la Hidrólisis pesamos 5 gr de muestra en un matraz Erlenmeyer, se añadió 70 ml de agua destilada y 60 ml de ácido clorhídrico.

- La hidrólisis se dio por el calentamiento por 30 minutos luego de que comience a hervir
- Cuando ya se dio la hidrólisis esperamos que ya no exista emisión de vapores.
- Filtrar la muestra sobre un papel filtro nos fijamos que esté debidamente doblado como humedecido.
- Luego lavamos el matraz Erlenmeyer con agua caliente aproximadamente 400ml evitando que se pierda la muestra.
- Colocamos la muestra en la estufa por 20 minutos a 130 °C.
- Cuando el papel estuvo debidamente seco se introdujo en los dedales de celulosa, limpiamos la capsula contenedora y cuidadosamente con algodón empapados de hexano sellamos para evitar la pérdida de grasa adherida en la cápsula.
- Para la extracción de grasa se tomó el peso de un balón que previamente de los lavo y seco a 130 °C por una hora aproximadamente.
- Se encendió el extractor de grasa y se abre el flujo de agua del condensador, se colocó los dedales de celulosa con la muestra en el sifón del soxhlet y estos en el condensador.
- La parte superior del condensador la taponamos con desecante (sulfato sódico anhidro) envuelto en algodón para evitar la entrada y condensación de vapor de agua, se comenzó la extracción.
- Se verificó el rango de reflujo apropiado, después de unos minutos se retira los dedales y se destila la mayor cantidad de solvente posible hasta alcanzar sequedad aparente.
- Se retiraron los balones del extractor de grasa y se colocaron en la sorbona para finalizar la evaporación del solvente a baja temperatura, luego se llevan los balones a la estufa directamente a 130°C por 30 min para eliminar los restos del solvente y la humedad residual existente.
- Los balones con grasa se los ubica en el desecador, para que se enfríen a temperatura ambiente y se pesan.
- Para calcular que utiliza la siguiente fórmula: % de Grasa = peso del matraz con grasa – peso del matraz vacío / peso de la muestra X 100.

2.8.4. Determinación de la Fibra Cruda

Para la extracción de la Fibra Cruda es importante detallar que para este análisis comprende una extracción con soluciones acidas calientes donde realizamos los siguientes pasos:

- Determinamos por separado la humedad de la muestra en un horno a 105 °C de peso constante y esperamos que se enfríe en el desecador.

- Se prepara la muestra de tal manera se encuentre de 1 mm de espesor ya sea el balanceado como las heces del cobayo, luego pesamos con precisión 1 gramo de la muestra triturada.
- Agregamos 150 ml de ácido sulfúrico, luego se precalienta con la placa caliente para reducir el tiempo requerido para hervir.
- Agregamos 3-5 gotas de n-octanol como agente antiespumante.
- Verificamos 30 minutos exactamente desde el inicio de la ebullición.
- Se conectó en el extractor de fibras al vacío para drenar el ácido sulfúrico.
- Se lavó tres veces con 30 ml (crisol lleno hasta la parte superior) de agua desionizada.
- Conectar cada vez al aire comprimido para agitar el contenido del crisol.
- Después de drenar el último lavado, se agregó 150 ml de hidróxido de potasio precalentado (KOH) 1,25% y 3-5 gotas de antiespumante.
- Dejar hervir por 30 minutos.
- Filtrar y lavar 3 veces con 30 ml de agua desionizada.
- Realizamos un último lavado con agua desionizada fría para enfriar el crisol y luego se lavó tres veces el contenido del crisol con 25 ml de acetona, revolviendo cada vez con aire comprimido.
- Retiramos el crisol y determinamos el peso seco después de secar en un horno a 105 °C durante una hora o hasta peso constante y haber dejado enfriar en un desecador. Este peso representa la fibra bruta más el contenido de ceniza.
- Para obtener la ceniza, los crisoles se colocan en una mufla a 550 °C durante tres horas y se vuelven a pesar después de enfriarlos en un desecador.
- Se retiró la ceniza y limpio los crisoles mediante un procedimiento de oxidación.

2.8.5. Determinación de la fibra detergente ácida

El método utilizado fue según Van Soest, que se basa en la solubilización, mediante una solución ácida de un tensioactivo de:

- Carbohidratos solubles
- Proteínas
- Lípidos
- Hemicelulosas
- Sustancias minerales solubles

Los reactivos que se usaron para este procedimiento son:

- Solución de detergente ácido conformada por (Bromuro de cetiltrimetilamonio grado técnico ($C_{19}H_{42}BrN$) 20 gr y Ácido sulfúrico 1 N (H_2SO_4 , 49.04 g/l) 1litro)
- Disolver tensioactivo en ácido mientras se agita para promover la disolución.
- Alcohol octílico n-octanol ($C_8H_{18}O$).
- Acetona

El procedimiento que se siguió fue el siguiente:

- Se trituro la muestra secada al aire pasar una pantalla de 1 mm.
- Pesamos en un crisol 1 g de muestra triturada con 1 mg de aproximación.
- Procedimos agregar 100 ml de solución de detergente ácido a temperatura ambiente y unas gotas de n-octanol.
- Se calentó hasta ebullición y reflujo 60 minutos desde el inicio de la ebullición.
- Se filtró y lavo 3 veces con agua hirviendo, luego dos veces con acetona fría.
- Luego se secó por 8 horas a $105\text{ }^\circ\text{C}$ y dejar enfriar en un desecador.
- Después de todo el proceso se procedió al pesado.
- Se realizó el cálculo de la fibra del detergente ácido: $ADF\% = (\text{peso del crisol} + \text{peso del residuo}) / \text{peso de la muestra} \times 100$.
- En una mufla se cenizo a $550\text{ }^\circ\text{C}$ por 2 horas y dejar enfriar en un desecador.
- Realizar otro Pesado.
- Se realizó el cálculo de ceniza insoluble en detergente ácido = pérdida por incineración / peso de muestra x 100.

2.8.6. Determinación manual de lignina detergente ácida

El método empleado se basó en la solubilización de celulosa en ácido sulfúrico al 72% y da una "lignina cruda" que puede contener también cutina (excretada fuera de las membranas celulares de las plantas) con una estructura grasa compleja).

Los reactivos utilizados fueron:

- Ácido sulfúrico (1200 gr concentrado)
- Agua destilada (440 ml)

Procedimiento utilizado para la determinación de Lignina detergente ácida:

- Primero se trituró la muestra secada al aire para pasar la pantalla de 1 mm.
- Luego se pesó en un crisol 1 g de muestra triturada.
- Se Agregó 100 ml de solución de detergente ácido a temperatura ambiente y las mismas gotas de n-octanol.
- Consecutivamente se calentó hasta ebullición y reflujo 60 minutos antes de que comience a hervir.
- Se filtró y lavó 3 veces con agua hirviendo, luego dos veces con acetona fría. Nota: Es posible comenzar a utilizar el residuo de determinación de fibra de detergente ácido (ADF). Según como se usó en el método anterior.
- Agregar 25 ml aproximadamente de ácido sulfúrico al 72% a temperatura ambiente (solvente para celulosa) y luego se realizó la extracción en frío durante 3 horas, removiendo cada hora.
- Filtrar y lavar 3 veces con agua hirviendo o hasta que desaparezca la reacción ácida.
- Secar 8 horas a 105 ° C y dejar enfriar en un desecador.
- Una vez secado se tomó el peso.
- Calcular lignina detergente ácido: $ADL\% = (\text{peso de crisol} + \text{peso de residuo}) - \text{peso de crisol} / \text{peso de muestra} \times 100$.
- En la mufla se procedió hacer ceniza a 550 ° C 2 horas y dejar enfriar en desecador.
- Pesar.
- Se realizó el cálculo de porcentaje de sílice y cenizas insolubles = $(\text{peso del crisol} + \text{peso del residuo}) - \text{peso del crisol} / \text{peso de la muestra} \times 100$.

2.8.7. Determinación de la fibra detergente neutra

El método que fue utilizado se basa en la solubilización, mediante una solución neutra de un tensioactivo, de:

- Carbohidratos solubles
- La mayoría de proteínas
- Lípidos
- Sustancias minerales solubles, incluida una parte de sílice

Los reactivos que fueron utilizados son:

- Solución detergente neutra compuesta por: (Borato de sodio decahidratado 6.81g, Etilendiaminotetraacetato de disodio 18.61g, Lauril sulfato de sodio neutro 30 g, 2 - etoxietanol 10 ml, Fosfato disódico anhidro 4,56 g, Agua destilada 1000 ml.)
- Alcohol octílico n-octanol (C₈H₁₈O)
- Sulfito de sodio anhidro (Na₂SO₃)
- Acetona

El procedimiento que se utilizó para el proceso fue el siguiente:

- Triturar la muestra secada al aire para pasar la pantalla de 1 mm
- En un crisol se pesó 1 g de muestra triturada con una aproximación de 1 mg.
- Añadir 100 ml de solución de detergente neutro a temperatura ambiente en un crisol con 0,5 g de sulfito de sodio y unas gotas de n-octanol.
- Calentar hasta ebullición y reflujo 60 minutos desde el inicio de la ebullición.
- Filtrar un lavado 3 veces con agua hirviendo, luego dos veces con acetona fría.
- Secar 8 horas a 105 °C y dejar enfriar en un desecador.
- Pesar
- Se procedió al cálculo la fibra de detergente neutro: % NDF = (peso del crisol + peso del residuo) - peso del crisol / peso de la muestra x 100. Solubles en detergente neutro: % NDS = 100 -% NDF
- Se realizó ceniza en una mufla a 550 °C 2 horas y deja enfriar en un desecador
- Pesar
- Luego se procedió a cálculo de ceniza insoluble en detergente neutro: pérdida por incineración / peso de la muestra x 100.

CAPITULO III

3. MARCO DE RESULTADO Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis proximal de la dieta

Una vez elaboradas las dietas, se realizó el análisis bromatológico en el que obtuvimos los siguientes resultados para cada uno de los tratamientos detallada en la tabla 1-3.

Tabla 1-3: Análisis proximal de los tratamientos con diferentes niveles de fibra.

VARIABLES	TRATAMIENTOS (FIBRA CRUDA%)			
	8	11	14	17
Materia Seca (%)	87.70	87.90	87.40	88.10
Humedad (%)	12.31	12.12	12.61	11.94
Ceniza (%)	9.71	10.39	10.29	11.92
Extracto Etéreo (%)	5.98	7.11	7.80	9.68
Proteína Cruda	14.70	14.67	14.11	12.57
Fibra Cruda (%)	8,67	12.14	11.91	15.26
Fibra Detergente Neutra (%)	36,33	37.46	36.03	42.44
Extracto Libre de nitrógeno (%)	48,63	43.57	43.28	38.63
Materia Orgánica (%)	77,99	77,51	77,11	76,18
Fibra Detergente Ácida (%)	17,27	18.27	18.96	24.83
Lignina Detergente Ácida (%)	2,45	2.95	2.94	3.57

Laboratorio de Bromatología: Universidad Nacional de Loja. 2021

Realizado por: Estrella, F. 2021

3.2. Evaluación de la digestibilidad por tratamiento

Luego de haber realizado la adaptación de las dietas de 7 días y una toma de muestras de las heces de los cobayos por cuatro días, se procedió a realizar el análisis de las variables obteniendo la información en la Tabla 2-3.

Tabla 2-3: Evaluación de diferentes niveles de fibra en la digestibilidad de cuyes *Cavia Porcellus*

VARIABLES	TRATAMIENTOS (FIBRA CRUDA %)				E.E.	Prob.
	8	11	14	17		
Digestibilidad de Materia Seca	71.6 a	62.98 bc	67.19 ab	58.09 c	1.74	0.0001
Digestibilidad de Materia Orgánica	86.27 a	80.78 b	83.62 ab	79.31 b	1.39	0.0070
Digestibilidad de Proteína Cruda	90.5 a	88.45 ab	89.93 a	86.50 b	0.55	0.0001
Digestibilidad de Fibra Cruda	63.57 ab	58.98 b	67.23 a	65.39 ab	1.78	0.0460

Medias con letras iguales en una misma fila no difieren estadísticamente de acuerdo a Tukey (P<0.05)

Prob: Probabilidad

EE: Error estándar

3.2.1. Evaluación de la digestibilidad *in vivo* de Materia Seca (DIVMS)

En la variable digestibilidad de materia seca de los diferentes tratamientos registraron diferencias altamente significativas ($P < 0,01$), de esta manera, los tratamientos con un contenido de 8 y 14% de fibra cruda presentaron un mayor porcentaje en cuanto la digestibilidad con un valor de 71.6% y 67,19% mientras que un comportamiento más bajo se presentaron en los niveles con 11 y 17% de fibra cruda reportando los porcentajes 62,98 y 58,09 % respectivamente, como se reporta en el gráfico 1-3.

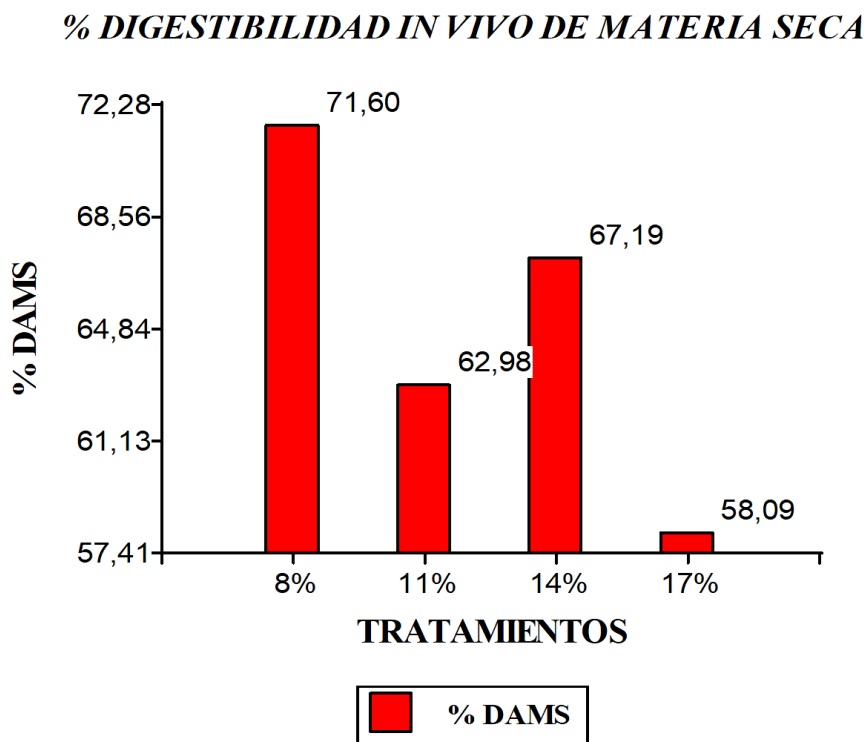


Gráfico 1-3. Porcentaje de digestibilidad *in vivo* de materia seca

Realizado por: Estrella, F. 2021

Los resultados de digestibilidad con lo que respecta materia seca en la investigación realizada por (Jumbo, 2019, p.20), donde trabajo con cuatro niveles de fibra cruda 8.5, 9.1,12.2 y 15.1 % obtuvo los siguientes resultados de DMS 57.2, 61.5, 63.7 y 66.1%, agregando que los niveles de fibra no afectan en la digestibilidad de la variable, es importante recalcar que se trabajaron raciones alimenticias tipo pienso como en la presente investigación donde los resultados obtenidos (DMS)

fueron 71.6, 62.98, 67.19 y 58.09% respectivamente a los niveles de fibra utilizados, recalcando que se obtuvo porcentajes de digestibilidad favorables.

Al realizar la digestibilidad *in vivo* en diferentes variedades de *Brachiaria spp* (Velásquez et al.,2016) tuvo la particularidad que el pasto Marandú dentro de su composición tuvo un porcentaje de fibra cruda del 15.2% y una digestibilidad del 79%, contrastando con la presente investigación que a pesar de trabajar con 14 y 17% de fibra cruda la digestibilidad reporto valores 67,19 y 58,09 %, resultados inferiores, pero esto puede ser por la variabilidad de las materias primas.

La digestibilidad de la materia seca según (Narváz & Delgado,2012) puede verse afectada ya que a un mayor consumo de la dieta su efecto es, el aumento de la velocidad del paso en el tracto digestivo y disminuye la absorción de nutrientes. (Church et al, 1988 & Maynard 1981 citados en Narváz & Delgado,2012) Agregan que la digestibilidad puede limitarse debido a que por falta de tiempo no cumpla su acción digestiva.

Una vez realizado el análisis de regresión de la digestibilidad de la Materia Seca, suministrando diferentes niveles de fibra cruda en la dieta, se determinó que los datos poseen un ajuste a una tendencia cúbica, altamente significativa ($P < 0,01$) con una probabilidad $5,8511E-05$ como se visualiza en el gráfico 2-3, en donde la digestibilidad muestra una disminución del (8%) al (11%), con la particularidad que, en el (14%) se ve un incremento en la variable evaluada y finalmente disminuye en el (17%), con un coeficiente de determinación ($R^2 = 0,542$) que nos indica que el 54.2% de la varianza de los datos observados depende de la dieta con diferentes niveles de fibra mientras que el 45.8% restante depende de factores externos.

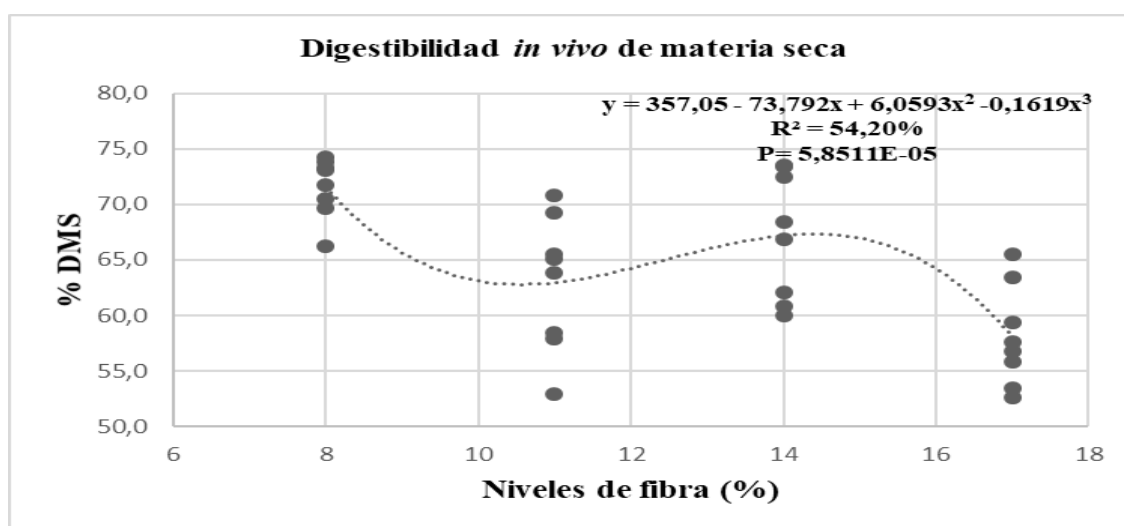


Gráfico 2-3. Evaluación de regresión del porcentaje de digestibilidad *in vivo* de materia seca

Realizado por: Estrella, F. 2021

3.2.2. Evaluación de la digestibilidad *in vivo* de materia orgánica (DIVMO)

En la digestibilidad de la materia orgánica de los diferentes tratamientos registraron diferencias altamente significativas ($P < 0,01$), encontrando un buen porcentaje de digestibilidad en los tratamientos con 8 y 14% de fibra cruda, con 86,27% y 83,62%, difiriendo estadísticamente de los niveles con 11 y 17% reflejando los valores 80,78 y 79,31%, como se encuentra en el gráfico 3-3.

% DIGESTIBILIDAD *IN VIVO* DE MATERIA ORGÁNICA

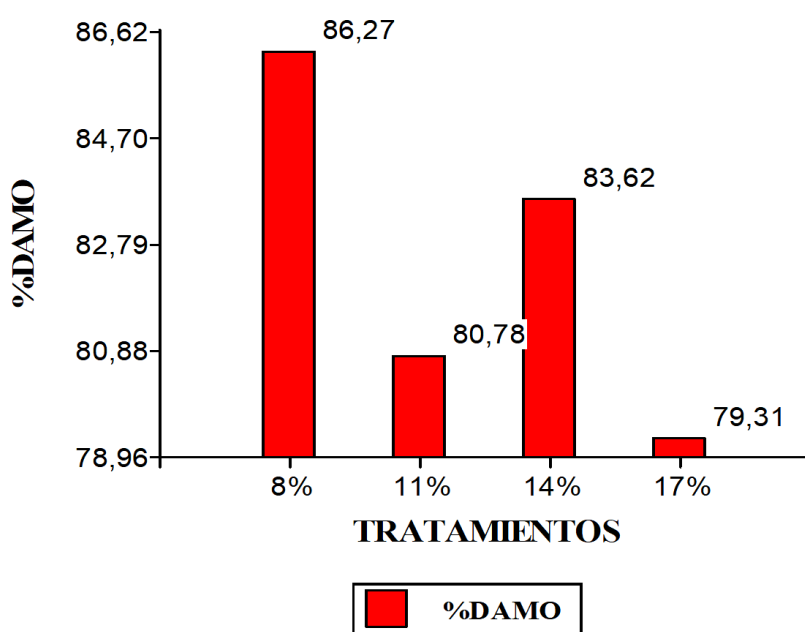


Gráfico 3-3. Porcentaje de digestibilidad *in vivo* de materia orgánica

Realizado por: Estrella, F. 2021

Según los análisis realizados por (Vela,2020, p.24) al realizar el análisis proximal usando en su dieta torta de palmiste tuvo como resultado un porcentaje 10,80% de fibra cruda y digestibilidad de materia orgánica del 70,46%, agregando que un bajo porcentaje en la variable es debido a que al aumentar el porcentaje de fibra en la dieta la digestibilidad disminuye, sin embargo al contrastar con la presente investigación, al trabajar con el 11% de FC la digestibilidad fue de 80,78% siendo un porcentaje más alto, este fenómeno puede suscitarse por la calidad de la dieta o como también el grado de aceptación de los semovientes.

En la investigación realizada por (Sotelo et al.,2020. pp. 5-6), utilizando forraje seco de mucuna con un porcentaje de fibra del 11.28% dentro de su composición, menciona a ver obtenido una digestibilidad de 66.13% esta digestibilidad comparada a la presente investigación donde se trabajó con 11% de FC se obtuvo una digestibilidad del 80,78%, la diferencia de los resultados puede darse por lo mencionado por el autor que la digestibilidad está relacionada a la edad del forraje al momento del corte.

Mediante un análisis de regresión del porcentaje de digestibilidad de la materia orgánica, al suministrar diferentes niveles de fibra cruda en la dieta de los cobayos, se determinó que los datos poseen un ajuste a una tendencia cúbica, altamente significativa ($P < 0,01$) con una probabilidad 0,006975048 ver en el gráfico 4-3, en donde la digestibilidad de la variable entre los niveles (8%) y (11%) tienen una disminución, teniendo un leve incremento en el (14%) y finalmente la línea de tendencia decrece al trabajar con un (17%), con un coeficiente de determinación ($R^2 = 0,346$) que nos indica que el 34.6% de la varianza de los datos observados depende de los tratamientos mientras que el 65.4% restante está ligado a factores externos.

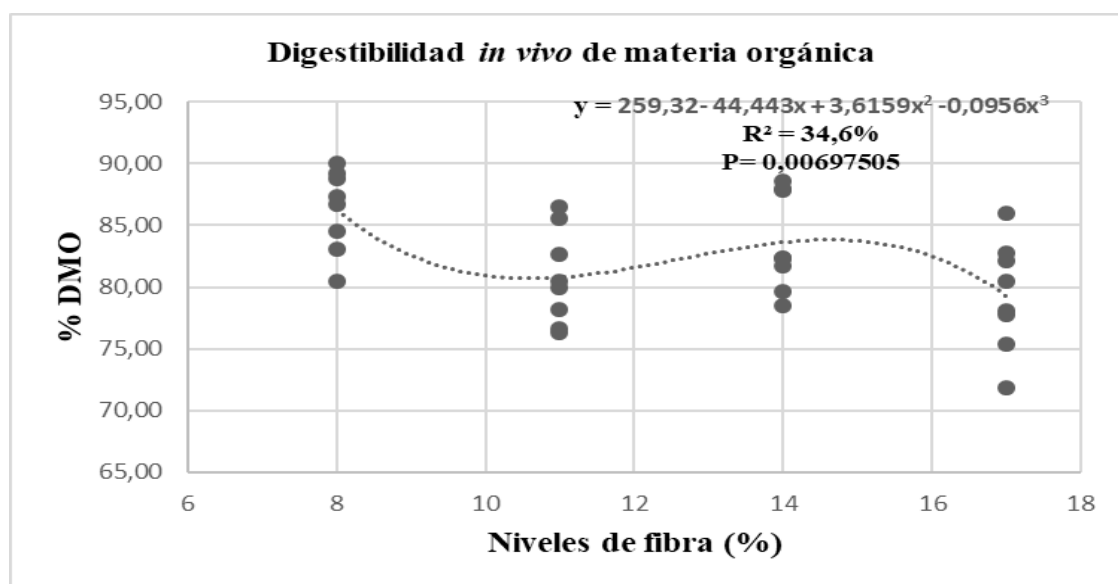


Gráfico 4-3. Evaluación de regresión del porcentaje de digestibilidad *in vivo* de materia orgánica
Realizado por: Estrella, F. 2021

3.2.3. Evaluación de la digestibilidad *in vivo* de proteína cruda (DIPC)

En la digestibilidad de la proteína cruda de los diferentes tratamientos registraron diferencias altamente significativas ($P < 0,01$), Las mejores digestibilidades se presentaron en los tratamientos con 8, 11y 14 % de fibra cruda con los siguientes resultados 90.5, 89.93. y 88.45%

respectivamente, no presentando el mismo comportamiento en nivel con 17% de fibra cruda con una digestibilidad de materia orgánica del 86,50%, como se reporta en el gráfico 5-3.

% DIGESTIBILIDAD IN VIVO DE PROTEÍNA CRUDA

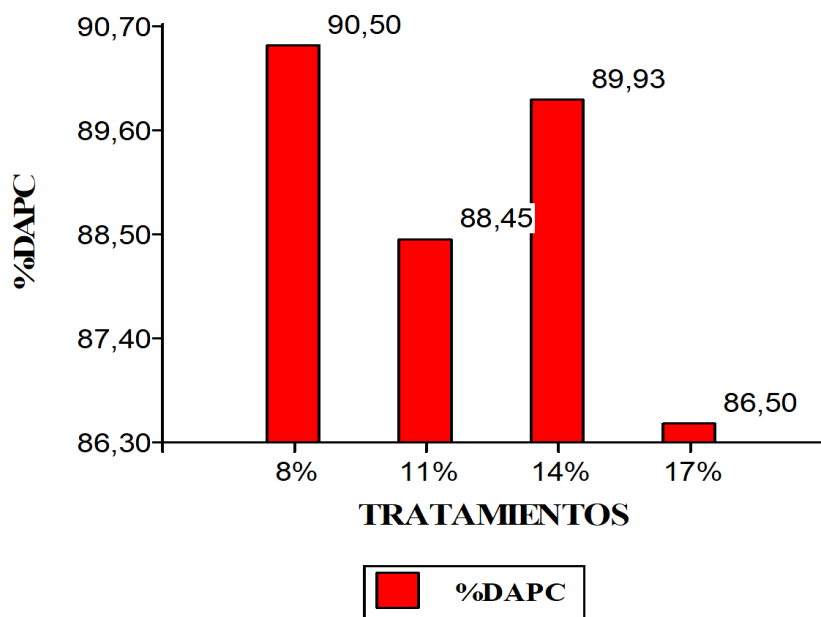


Gráfico 5-3. Porcentaje de digestibilidad *in vivo* de Proteína Cruda

Realizado por: Estrella, F. 2021

Al trabajar en su investigación con harina de kudzu (Cuibin et al.,2020) obtuvo en el % de fibra cruda un valor de 9,72% y una digestibilidad de proteína cruda de 81,07%, en la presente investigación al trabajar con 8 y 11% de fibra cruda obtuvimos una digestibilidad de 90,50 y 88,45% (DPC) respectivamente, valores con un porcentaje elevado. Sin embargo, el autor recalca el contenido de proteína de los forrajes está ligada a la fibra, lo que llega afectar su digestión y absorción.

Utilizando forraje seco de mucuna en su investigación (Sotelo et al.,2020: pp. 5-6), con un porcentaje de fibra del 11,28% dentro de su composición, menciona a ver obtenido una digestibilidad del 74,02% esta digestibilidad comparada a la presente investigación donde se trabajó con 11% de FC se obtuvo una digestibilidad del 88,45%, recalcando los autores que un alto porcentaje de la digestibilidad puede darse porque al tener un menor consumo la permanencia en el tracto gastrointestinal es mayor, dando como resultado un aumento en la digestión por el contacto que posee la digesta con las vellosidades intestinales.

En base al análisis de regresión del porcentaje de digestibilidad de proteína cruda, suministrando diferentes niveles de fibra en la dieta, se determinó que los datos se ajustan a una tendencia cúbica,

altamente significativa ($P < 0,01$) con una probabilidad $7,6552E-05$ como se ve en el gráfico 6-3 en donde la digestibilidad la línea tiende a decaer a medida que incrementa los porcentajes de fibra con la particularidad del nivel (14%) que tiende a incrementar para nuevamente decaer, cuando se trabajó con un nivel de fibra del (17%), con un coeficiente de determinación ($R^2 = 0,532$) que nos indica que el 53.2% de la varianza de los datos observados depende de los tratamientos mientras que el 46.8% restante está sujeto a factores externos.

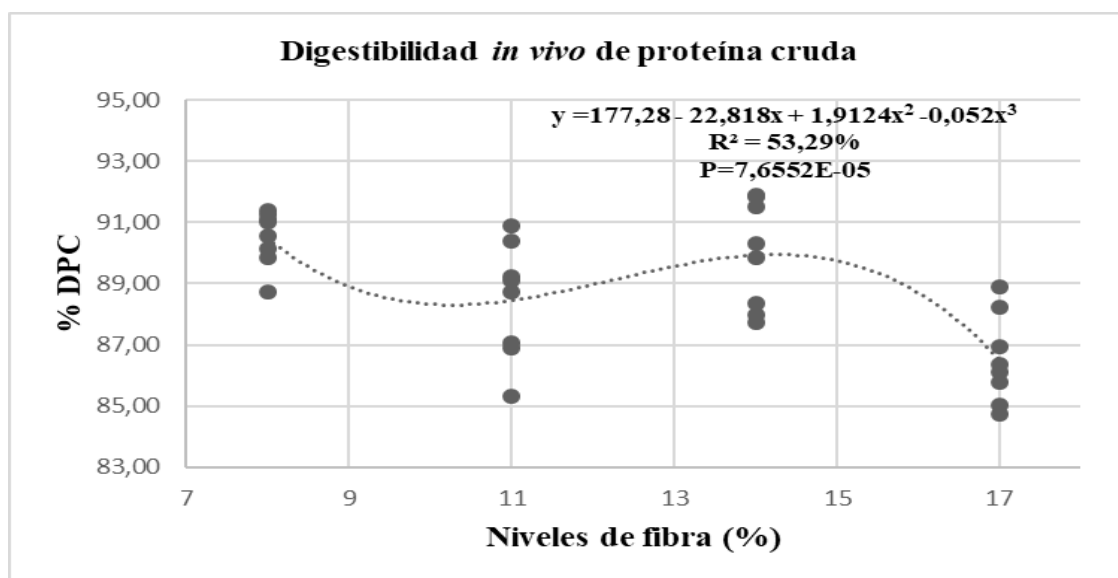


Gráfico 6-3. Evaluación de regresión del porcentaje de digestibilidad *in vivo* de proteína cruda

Realizado por: Estrella, F. 2021

3.2.4. Evaluación de la digestibilidad *in vivo* de fibra cruda (DIVFC)

En la digestibilidad de la fibra cruda de los diferentes tratamientos registraron diferencias significativas ($P \leq 0,05$), Presentando los mejores porcentajes de digestibilidad en los tratamientos con los niveles 14,17 y 8 % de fibra cruda con los valores de 67.23, 65.39 y 63.57%, sin embargo, no presentando el mismo comportamiento en el tratamiento con 11% de fibra cruda con un porcentaje de digestibilidad de 58.98%, como se reporta en el gráfico 7-3.

% DIGESTIBILIDAD IN VIVO DE FIBRA CRUDA

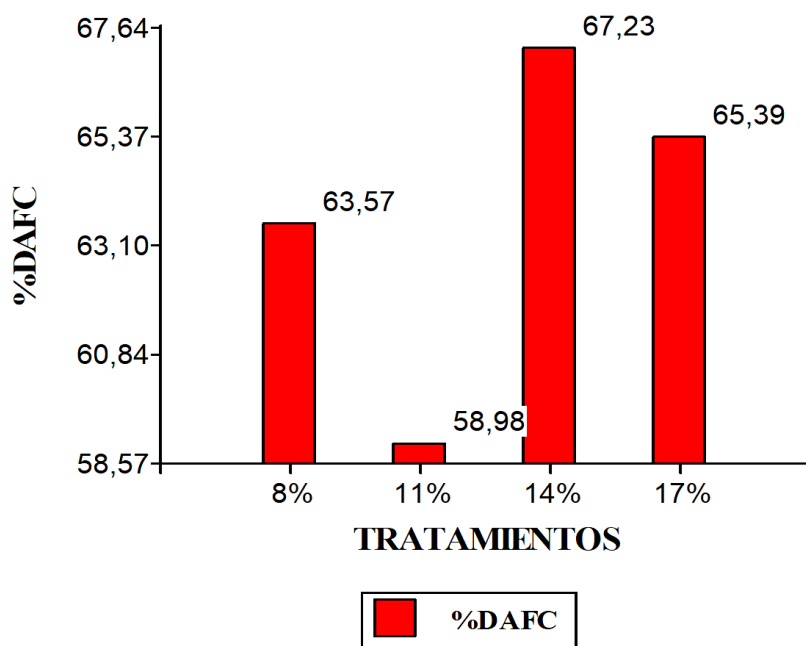


Gráfico 7-3. Porcentaje de digestibilidad *in vivo* de fibra cruda

Realizado por: Estrella, F. 2021

Los resultados de digestibilidad con lo que respecta fibra cruda en la investigación realizada por (Jumbo, 2019. p.20), donde trabajo con cuatro niveles de fibra cruda 8.5, 9.1,12.2 y 15.1 % obtuvo los siguientes resultados de DFC 54.7, 38.7, 29.9 y 36.6%, agregando que los bajos porcentajes de digestibilidad puede darse porque en la dieta pudo existir un bajo contenido de proteína y energía produciendo una limitación en el desdoblamiento microbiano.

En la presente investigación los resultados obtenidos (DFC) fueron 63.57, 58.98, 67.23 y 65.39% respectivamente a los niveles de fibra utilizados, recalando que se obtuvo porcentajes mayores de digestibilidad con respecto a la investigación citada.

Al trabajar en su dieta con torta de palmiste (Vela, 2020. p.24), tuvo como resultado en su análisis proximal un porcentaje 10,80% de fibra cruda y digestibilidad del 60.88%, mientras que en la presente investigación al trabajar con un 11% de (FC) su porcentaje de digestibilidad fue de 58,93% siendo menor que el resultado antes mencionado.

Por otra parte (Velásquez et al.,2016: p. 101), trabajando con el pasto Marandú con un contenido de fibra del 15.2% su (DFC) fue de 79%, recalando que en la presente investigación al trabajar con

un 17% de FC la digestibilidad obtenida fue de 65,39% resultando mejor la digestibilidad del autor anteriormente mencionado.

Al utilizar forraje seco de *Mucuna* (Sotelo et al., 2020. pp. 5-6), con un porcentaje de fibra cruda del 11.28% su digestibilidad reporto un valor del 50.82%, mientras que en la presente investigación al utilizar el 11% de fibra cruda la digestibilidad fue del 58.98% notándose un mejor porcentaje que a los datos anteriormente mencionados.

Una vez contrastados los datos se puede atribuir que las variaciones de digestibilidad en fibra cruda pueden verse afectados cuando existe mayor presencia de pared celular en la composición de la dieta, lo que resulta que la fibra no logre una degradación por parte de la flora bacteriana del semoviente.

En base al análisis de regresión del porcentaje de digestibilidad de fibra cruda, suministrando diferentes niveles de fibra cruda en la dieta, se determinó que los datos se ajustan a una tendencia cúbica significativa ($P \leq 0,05$) con una probabilidad de 0,04599652 como se ve en el gráfico 8-3, en donde la digestibilidad con (8%) decae al nivel (11%) sin embargo hay un notorio incremento al trabajar con (14%) y finalmente se visualiza el decrecimiento de la variable en el (17%), con un coeficiente de determinación ($R^2 = 0,244$) que nos indica que el 24.4% de la varianza de los datos observados depende de los tratamientos mientras que el 75.6% restante está relacionado a factores externos.

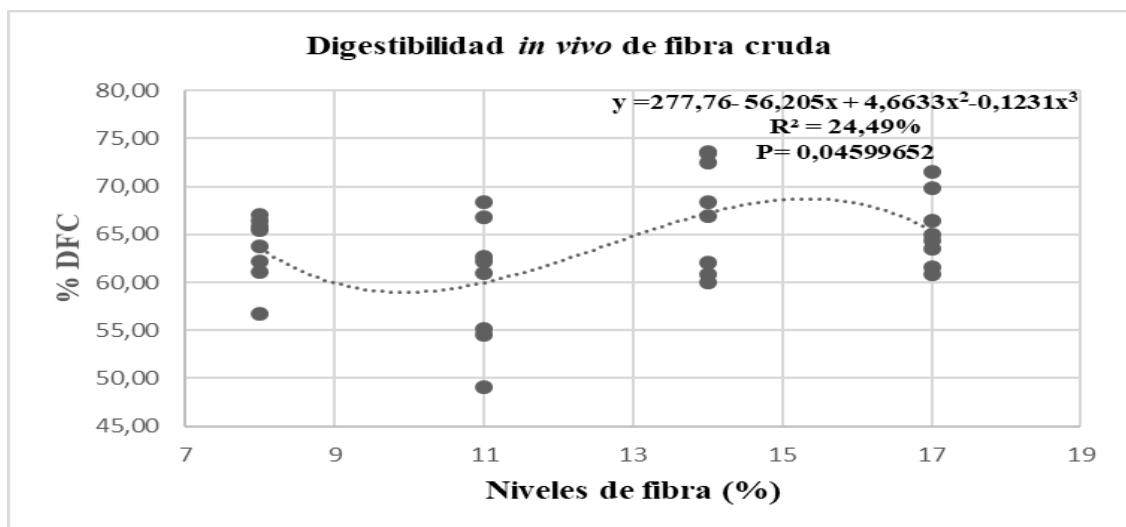


Gráfico 8-3. Evaluación de regresión del porcentaje de digestibilidad *in vivo* de la fibra cruda

Realizado por: Estrella, F. 2022

CONCLUSIONES

- Al analizar la composición bromatológica de las dietas con la digestibilidad, se puede observar que los nutrientes de los diferentes tratamientos fueron aprovechados de manera óptima, ya que los porcentajes de digestibilidad obtenidos en los diferentes tratamientos fueron favorables superando el 60%, dándonos como un indicador de una buena digestibilidad en las diferentes variables evaluadas.
- La investigación permitió determinar que el tratamiento con el 8% de fibra cruda posee mejores digestibilidades con respecto a los tres niveles restantes, lo que se vio reflejado en la especie animal evaluada, por lo tanto, se puede manifestar que al utilizar diferentes niveles de fibra cruda (8, 11, 14 y 17%) dentro de la dieta, la digestibilidad no se vio afectada puesto que, a pesar de tener valores que difieren estadísticamente, estos porcentajes no se podrían considerar como resultados negativos dentro de la digestibilidad de nutrientes.

RECOMENDACIONES

- Al determinar que al trabajar con altos niveles de fibra no afecta la digestibilidad de las variables evaluadas se debería evaluar los parámetros productivos como reproductivos al usar este tipo de dietas para demostrar el aporte que brindaría al pequeño y gran productor mejorando eficientemente la alimentación de los cobayos.
- Considerando que los cobayos tienen la capacidad de digerir alimentos fibrosos, se recomienda utilizar como fuente de fibra para las dietas el tamo de arroz como la chilena ya que estas dos materias primas dentro de una ración alimenticia los semovientes la llegan a consumir.
- Se observó un alto porcentaje de desperdicio, debido a la presentación del alimento utilizado en la presente investigación (polvo). Por lo tanto, se debería suministrar un concentrado peletizado para evitar la pérdida de nutrientes durante el consumo y a su vez una mejor homogeneidad de la dieta evitando la selectividad y desperdicio un factor importante en este tipo de investigaciones

GLOSARIO

Digestibilidad *in vivo*: Es considerado un método que permite hacer una estimación de lo que puede llegar a digerir el animal, realizando una colección total de heces, este proceso es el que mide de una manera más exacta la digestibilidad de un alimento (Tobal,1999, p. 96).

Fibra cruda: Son sustancias orgánicas no nitrogenadas estas se componen con un 90% de celulosa, hemicelulosa y lignina, una de sus características es que no pueden disolverse con facilidad tras hidrolisis sucesivas (García et al.,2008)

Materia seca: Se considera a la extracción de agua mediante un secado forzado en el laboratorio de cualquier tipo de materia prima, esta puede ser una muestra de forraje seco, ensilaje, heno o granos (Escobar et al.,2020: p.1).

Proteína cruda: También llamada proteína bruta, haciendo referencia al contenido de proteína que puede llegar a contener cualquier tipo de alimento, este es de vital importancia sobre todo en animales de crecimiento y producción (INIA,2018, p.2).

BIBLIOGRAFÍA

ABONDI, Aron. *Nutrición Animal*. 1ª ed. Zaragoza-España: Acribia, 1988, pp.4-307.

AGUIRE MOLINA, Janeth. Determinación de la composición química y el valor de la energía digestible a partir de las pruebas de digestibilidad en alimento para cuyes. (Trabajo de titulación). (Pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba-Ecuador. 2008. pp.25-26. [Consulta: 2021-05-09]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1502/1/17T0874.pdf>

ARCE OLIVAS, Natalí. Estudio histológico de las vellosidades intestinales de cuyes (*Cavia porcellus*) criollos y mejorados según el sistema de alimentación. (Trabajo de titulación) (Pregrado). Universidad Privada Anterior Orrego, Trujillo-Perú. 2016. pp.18. [Consulta: 2021-04-16]. Disponible en: https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/2430/1/REP_MED.VETE_NATALI.ARCE_ESTUDIO.HISTOL%c3%93GICO.VELLOSIDADES.INTESTINALES.CUYES.CAVIA.PORCELLUS.CRIOLLOS.MEJORADOS.SISTEMA.ALIMENTACI%c3%93N.pdf

BONE, Gari; et al. “Digestibilidad in vivo de forrajeras arbustivas tropicales para la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus Linnaeus*) en el litoral ecuatoriano”. *Veterinaria y zootecnia* [en línea], 2012, (Quevedo-Ecuador) 6(2), pp. 8-16. [Consulta: 2021-06-14]. Disponible en: <http://vip.ucaldas.edu.co/vetzootec/downloads/v6n2a01.pdf>

CARDONA, Juan; PORTILLO, Paola; CARLOSAMA, Luz; VARGAS, Juan; AVELLANEDA, Yesid; BURGOS, William & PATIÑO, Rocío. *Importancia de la alimentación en el sistema productivo del cuy*. Mosquera-Colombia: Agrosavia, 2020. [Consulta: 22 febrero 2022]. Disponible en: <http://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/view/54/53/673-2>

CHAUCA, L. *Producción de cuyes (Cavia porcellus)*. La Molina- Perú: Estudio FAO producción y sanidad animal, 1997. [Consulta: 05/12/2020]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/w6562s/w6562s00.htm#TopOfPage>

CHURCH, D; POND, W; & POND, K. *Fundamentos de Nutrición y Alimentación de animales*. 2ª ed. México D.F: LIMUSA. S.A, 2002. pp.27-30.

CONDORI APAZA, Ronald Wilson. Evaluación de bajos niveles de fibra en dietas de inicio y crecimiento de cuyes (*cavia porcellus*) con exclusión de forraje. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú. 2014.pp.3. [Consulta: 2020-12-05]. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2371/L02-C655-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CUIBIN, Ronald; ZEA, Otto; PALACIOS, Gloria; NORABUENA, Edgar; COLLAZOS, Lizbeth; & SOTELO, Alejandrina. “Determinación de la digestibilidad y energía digestible de la harina de kudzu (*Pueraria phaseoloides*) en el cuy (*Cavia porcellus*)”. Revista Investigación Veterinaria Perú [en línea], 2020, (Lima, Perú) 31(4), pp.1-9. [Consulta: 11 de diciembre 2021]. ISSN 1609-9117. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1609-91172020000400002&script=sci_arttext&tlng=en

ESCOBAR, Paul; ETCHEVERRÍA, Paulina; VIAL, Manuel; & DAZA, José. “Concepto de Materia seca y su uso”. *Informativo INIA* [en línea],2020, (Carillanca) (119), p.1. [Consulta: 13/12/2020]. Disponible en: <https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/3982>

FAO. Estudios FAO de producción y sanidad animal. *Informativo FAO* [en línea], 1997. [Consulta: 18/08/2021]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/W6562S/w6562s04.htm>

GALLARDO, Miriam. *El valor de los alimentos* [blog]. INIA,2007. [Consulta: 04/06/2021]. Disponible en: [http://rafaela.inta.gov.ar/info/documentos/nutricion/nutricion_valordealimentos.htm#:~:text=Extracto%20et%C3%A9reo%20\(%EE\),t%C3%B3xicos%20para%20las%20bacterias%20ruminales.](http://rafaela.inta.gov.ar/info/documentos/nutricion/nutricion_valordealimentos.htm#:~:text=Extracto%20et%C3%A9reo%20(%EE),t%C3%B3xicos%20para%20las%20bacterias%20ruminales.)

GARCÍA, Omar; INFANTE, Ramón; & RIVERA, Carlos. “Hacia una definición de fibra alimentaria”. *Anales venezolanos de nutrición* [en línea], 2008, (Caracas) 21(1), pp. 25-30. [Consulta: 04/06/2021]. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_isoref&pid=S0798-07522008000100005&lng=es&tlng=es

HARGADEN, Maureen; & SINGER, Laura. *The laboratory Rabbit, Guinea Pig, Hamster, and other Rodents* [en línea]. First edition. San Diego-USA: Academic Press is an imprint of Elsevier, 2012. [Consulta: 12 abril 2021]. Disponible en: [https://books.google.com.ec/books?id=HhEsxsYp6IC&pg=PR7&lpg=PR7&dq=HARGADEN,](https://books.google.com.ec/books?id=HhEsxsYp6IC&pg=PR7&lpg=PR7&dq=HARGADEN)

Maureen;+%26+SINGER,+Laura.+Anatomy,+Physiology,+and+Behavior.&source=bl&ots=kSk_029aDe&sig=ACfU3U2GFBzRqtjVXxe4-o0ZZzy2dZHEFg&hl=es419&sa=X&ved=2ahUKEwjb0euYgfrvAhV0GFkFHbO8BJYQ6AEwD3oECBAQAw#v=onepage&q=HARGADEN%2C%20Maureen%3B%20%26%20SINGER%2C%20Laura.%20Anatomy%2C%20Physiology%2C%20and%20Behavior.&f=false

INATEC. *Manual del protagonista Nutrición Animal* [en línea]. Managua-Nicaragua: MEFOTEC, 2016. [Consulta: 07 de Mayo 2021]. Disponible en : <https://www.biopasos.com/documentos/087.pdf>

INIA. *Algunos conceptos sobre calidad de forrajes*. Montevideo-Uruguay: INIA, 2018, pp.2.

JUMBO SARI, Mariuxi. Evaluación del efecto del nivel de fibra insoluble en la digestibilidad fecal en cuyes de ceba en la “Quinta Experimental Punzara [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador. 2019, pp. 18-25. [Consulta: 28/11/2021]. Disponible en: <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/22274/1/Mariuxi%20Cecibel%20Jumbo%20Sari.pdf>

MALDONADO JIMÉNEZ, Luis; MEJÍA ALQUINGA, Roberto. Evaluación de 2 niveles de fibra y 2 niveles de proteína en la dieta sobre los parámetros zootécnicos en los cuyes [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador. 2013. pp. 14. [Consulta: 05/05/2021]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/4445/1/T-UCE-0014-65.pdf>

MCDONALD, P; EDWARDS, R; GREENHALGH, J; & MORGAN, C. *Nutrición Animal*. 5ª ed. Zaragoza- España: ACRIBIA, 1995, pp. 4-82.

MÖLLER, Jürgen. *Comparación de los métodos para la determinación de fibra en pienso y en los alimentos* [en línea]. Barcelona-España: Foss, 2014. [Consulta: 05/06/2021]. Disponible en: file:///C:/Users/HP/Downloads/Fibre%20methods%20compared_ES.pdf

MORALES, Augusto; CARECELÉN, Fernando; ARA, Miguel; ARBAIZA, Teresa; & CHAUCA, Lilia. “Evaluación de dos niveles de energía en el comportamiento productivo de cuyes (*Cavia porcellus*) de la raza Perú”. *Revista de Investigación Veterinaria* [en línea], 2011, (Perú) 22(3), pp.177-182. [Consulta: 16 de abril 2021]. ISSN 177-182. Disponible en : <http://www.scielo.org.pe/pdf/rivep/v22n3/a01v22n3>

MORETA, Modesto. *El cuy crece en la región central del Ecuador* [blog].15 de mayo, 2017. [Consulta: 05/12/2020]. Disponible en: <https://www.revistalideres.ec/lideres/cuy-crece-region-central-economia.htm>

NARVAÉZ, Juan & DELGADO, Julie. “Valoración de la técnica In vivo aparente para la determinación de la digestibilidad de forrajes en cuyes (*Cavia porcellus*)”. Revista Investigación Pecuaria [en línea], 2012, (Nariño- Colombia) 1(1), pp. 16-24. [Consulta: 16 de diciembre 2021]. Disponible en: [file:///C:/Users/HP/Downloads/383-Texto%20del%20art%C3%ADculo-1406-1-10-20121019%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/HP/Downloads/383-Texto%20del%20art%C3%ADculo-1406-1-10-20121019%20(1).pdf)

NAVARRETE BAUTISTA, Cristina. Implementación y modificaciones del método para determinar la fibra soluble en detergente neutro (Trabajo de titulación) (Posgrado) Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.2008. p.6. [Consulta: 2021-05-09]. Disponible en: <https://docplayer.es/14773986-Implementacion-y-modificaciones-del-metodo-para-determinar-la-fibra-soluble-en-detergente-neutro.html>

ORTEGA ORTEGA, Luis Dirney. Efectos de niveles de fibra cruda sobre parámetros productivos digestivos en cobayos tipos 1ª (*Cavia porcellus*), utilizando como fuente de fibra la alfalfa (*Medicago sativa*) [en línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador. 2019. p.5. [Consulta: 2021-04-13]. Disponible en: <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/22273/1/Luis%20Dirney%20Ortega%20Ortega.pdf>

PEÑARRIETA, Mauricio; TEJEDA, Leslie; MOLLINEDO, Patricia; VILA, José; & BRAVO, José. “Compuestos fenólicos y su presencia en alimentos”. Revista Bolivariana de Química [en línea], 2014, (La Paz, Bolivia) 31(2), pp. 68-81. [Consulta: 11 de junio 2021]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4263/426339682006.pdf>

PIETSH, M; BOSSE, A. *La fibra en la nutrición animal* [en línea]. Unión Europea: AGRIMEDIA, 2016. [Consulta: 03 de marzo 2022].Disponible en: <https://eliasnutri.files.wordpress.com/2021/01/la-fibra-en-la-nutricion.pdf>

QUINTANA MARAVÍ, Erika Evelyn. Suplementación de dietas a base de alfalfa verde con harina de cebada más una mezcla mineral y su efecto sobre el rendimiento y eficiencia productiva en cuyes en crecimiento en el valle del Mantaro (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Nacional Mayor De San Marcos, Lima, Perú.2009. p.14. [Consulta: 2021-04-19]. Disponible en:

https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/750/Quintana_me.pdf?sequence=1&isAllowed=y

RAMÓN JARAMILLO, Alex Mauricio. Determinación de características morfofisiológicas del tracto digestivo del cuy (*cavia porcellus*) [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador. 2017. pp.5-7. [Consulta: 25/04/2021]. Disponible en:

<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/18826/1/Alex%20Mauricio%20Ram%c3%b3n%20Jaramillo.pdf>

SALAZAR ACOSTA, Ericka. “Almidón resistente en la nutrición de animales monogástricos: Concepto, Clasificación y fuentes”. *Nutrición Animal Tropical* [en línea], 2018, (Costa Rica) 12(2), pp. 55-69. [Consulta: 08 de Mayo 2021]. Disponible en : <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/nutrianimal/article/view/35493/36100>

SÁNCHEZ REYES, Nadir; MENDIETA, Bryan. *Determinación del valor nutritivo de los alimentos* [en línea]. Managua: Universidad Nacional Agraria, 2000. [Consulta: 10 de junio 2021]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/35166784.pdf>

SARRIA BARDALES, José; VERGARA RUBÍN, Víctor; CANTARO SEGURA, José; & ROJAS, Pedro. “Evaluación de dos niveles de energía digestible en dos sistemas de alimentación en la respuesta productiva y reproductiva de cuyes (*Cavia porcellus*)”. *Revista de Investigación Veterinaria Perú*. [en línea], 2019, (Perú) 30(4), pp.1515-1526. [Consulta: 06 de mayo 2021]. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rivep/v30n4/a12v30n4.pdf>

SAVÒN, L. “Alimentos altos en fibra para especies monogástricas. Caracterización de la matriz fibrosa y sus efectos en la fisiología digestiva”. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* [en línea], 2002, (Cuba) 36(2), pp. 91-102. [Consulta: 03 de marzo 2022]. ISSN 0034- 7485. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193018119001.pdf>

SHIMADA MIYASAKA, Armando (ed.). *Nutrición animal*. 1ª ed. México: Trillas, 2005. pp.35-189.

SOLORZANO ALTAMIRANO, Juan; & SARRIA BARDALES, José. *Crianza, producción y comercialización de cuyes*. 1ª ed. Lima-Perú: Paseo de la República, 2014. pp 85-89

SOTELO, Alejandrina; VALENZUELA, Rocio; CÉSARE, Mary; ALEGRÍA, Cecilia; NORABUENA, Edgar; GONZÁLES, Terea; PAITAN, Elizabeth; VALDERRAMA, María; & ECHEVERRÍA, Mariano “Determinación de la digestibilidad y energía digestible del forraje seco de mucuna (*Mucuna pruriens*) en cuyes”. Revista de Investigación Veterinaria Perú [en línea], 2020, (Perú) 31(1), pp. 1-10. [Consulta: 18 de diciembre 2021]. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1609-91172020000100002&script=sci_arttext

TOBAL, C. Evaluación de los alimentos a través de los diferentes métodos de digestibilidad. [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Nacional de la Pampa, La Pampa, Argentina. 1999.pp 97-98 [Consulta: 14/06/2021]. Disponible en: <http://www.biblioteca.unlpam.edu.ar/pubpdf/anuavet/n1999a16tobal.pdf>

VARGAS ROMERO, Juan Manuel. “Calidad de los forrajes para rumiantes”. Sitio Argentina de Producción Animal [en línea], 2016, (Argentina) 78(2), pp. 1-3. [Consulta: 09 de mayo 2021]. Disponible en: https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/211-Calidad.pdf

VELA ROMÁN, Luis Arturo. Digestibilidad y estimación de la energía digestible de la torta de palmiste (*Elaeis guineensis*) en cuyes (*cavia porcellus*) [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. 2020. [Consulta: 25/04/2021]. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4467/vela-roman-luis-arturo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

VELÁSQUEZ RIVERA, Liseth; MONSALVE SÁNCHEZ, Madeleini; RÍOS JAIMES, Jorge; & ROA VEGA, María. “Digestibilidad in vivo en cuyes alimentados con cuatro variedades e *Brachiaria* spp”. Revista Sistemas de Producción Agroecológico [en línea], 2016, (Colombia) 7(1), pp. 92-107. [Consulta: 28 de noviembre 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.22579/22484817.681>

VIVAS TORRES, Jerry; & CARBALLO, Domingo. *Manual de crianza de cobayos (Cavia porcellus)* [en línea]. Managua-Nicaragua: Universidad Nacional Agraria, Managua, 2009. [Consulta: 2021-05-08]. Disponible en: <https://repositorio.una.edu.ni/2472/1/RENLO1V856.pdf>

ANEXOS

ANEXO A: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LA MATERIA SECA DE LOS CUATRO TRATAMIENTOS DE LA DIETA.

a. Resultados experimentales

TRATAMIENTOS	REPETICIONES								MEDIA
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
8%	71.8	70.5	69.7	74.3	73.1	73.8	66.3	73.3	71.6
11%	52.9	58.5	70.8	65.5	57.9	63.9	65.1	69.2	62.98
14%	60	60.8	72.4	73.4	62.1	73.5	66.9	68.4	67.19
17%	53.5	52.6	59.4	63.4	56.8	65.6	57.6	55.8	58.09

Realizado por: Estrella, F. 2021

b. Análisis de Varianza

F.V.	GL	SC	CM	F Cal	Pr > F
TRATAMIENTO	3	801.78	267.26	11.01	0.0001
ERROR	28	679.41	24.26		
TOTAL	31	1481.20			
CV (%)	7.58				
MEDIA	65				

Realizado por: Estrella, F. 2021

c. Separación de medias según Tukey ($P < 0.05$)

TRATAMIENTOS	MEDIAS	N	E.E.	RANGO
8%	71.6	8	1.74	A
11%	62.98	8	1.74	BC
14%	67.19	8	1.74	AB
17%	58.09	8	1.74	C

Realizado por: Estrella, F. 2021

d. Análisis de varianza (regresión cúbica)

	GL	Suma de cuadrados	\bar{x} de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	3	802,985314	267,661771	11,04695096	5,8511E-05
Residuos	28	678,425171	24,2294704		
Total	31	1481,41048			

Realizado por: Estrella, F. 2021

e. Regresión del modelo cúbico

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad
Intercepción	357,053044	83,9996814	4,25064759	0,000213862
Variable X1	-73,7919839	21,7697621	-3.38965505	0,002097732
Variable X2	6,05932015	1,80419179	3,35846786	0,002273019
Variable X3	-0,16184814	0,04804265	-3,37092433	0,002201375

Realizado por: Estrella, F. 2021

ANEXO B: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LA MATERIA ORGÁNICA DE LOS CUATRO TRATAMIENTOS DE LA DIETA.

a. Resultados experimentales

TRATAMIENTOS	REPETICIONES								MEDIA
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
8%	88.7	83.1	84.5	86.8	89.2	90	80.5	87.3	86.3
11%	78.2	79.9	86.5	80.5	76.6	82.6	76.4	85.6	80.8
14%	79.7	78.5	87.9	88.6	81.8	87.9	82.3	82.3	83.6
17%	71.8	75.4	82.1	80.5	82.7	86	78.1	77.8	79.3

Realizado por: Estrella, F. 2021

b. Análisis de Varianza

F.V.	GL	SC	CM	F Cal	Pr > F
TRATAMIENTO	3	229.06	76.35	4.96	0.0070
ERROR	28	431.29	15.40		
TOTAL	31	660.35			
CV (%)	4.76				
MEDIA	82.5				

Realizado por: Estrella, F. 2021

c. Separación de medias según Tukey ($P < 0.05$)

TRATAMIENTOS	MEDIAS	N	E.E.	RANGO
8%	86.27	8	1.39	A
11%	80.78	8	1.39	B
14%	83.62	8	1.39	AB
17%	79.31	8	1.39	B

Realizado por: Estrella, F. 2021

d. Análisis de varianza (regresión cúbica)

	GL	Suma de cuadrados	\bar{x} de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	3	228,777501	76,2591668	4,953193922	0,00697505
Residuos	28	431,086831	15,3959583		
Total	31	659,864332			

Realizado por: Estrella, F. 2021

e. Regresión del modelo cúbico

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad
Intercepción	259,319561	66,9590126	3,87281042	0,00059036
Variable X1	-44,4431881	17,3534203	-2,56106217	0,0161123
Variable X2	3,61592183	1,43818285	2,51422956	0,01795398
Variable X3	-0,09555873	0,03829644	.2,49523824	0,01875474

Realizado por: Estrella, F. 2021

ANEXO C: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LA PROTEÍNA CRUDA DE LOS CUATRO TRATAMIENTOS DE LA DIETA.

a. Resultados experimentales

TRATAMIENTOS	REPETICIONES								MEDIA
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
8%	90.6	90.1	89.9	91.4	91	91.3	88.7	91.1	90.5
11%	85.3	87	90.9	89.2	86.9	88.7	89.1	90.4	88.5
14%	87.7	88	91.5	91.8	88.4	91.9	89.8	90.3	89.9
17%	85	84.7	86.9	88.2	86.1	88.9	86.4	85.4	86.5

Realizado por: Estrella, F. 2021

b. Análisis de Varianza

F.V.	GL	SC	CM	F Cal	Pr > F
TRATAMIENTO	3	76.39	25.46	10.64	0.0001
ERROR	28	67	2.39		
TOTAL	31	143.39			
CV (%)	1.74				
MEDIA	88.8				

Realizado por: Estrella, F. 2021

c. Separación de medias según Tukey ($P < 0.05$)

TRATAMIENTOS	MEDIAS	N	E.E.	RANGO
8%	90.5	8	0.55	A
11%	88.45	8	0.55	AB
14%	89.93	8	0.55	A
17%	86.50	8	0.55	B

Realizado por: Estrella, F. 2021

d. Análisis de varianza (regresión)

	GL	Suma de cuadrados	\bar{x} de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	3	76,4388192	25,4796064	10,6552E-05	7,6552E-05
Residuos	28	66,9967325	2,39274045		
Total	31	143,435552			

Realizado por: Estrella, F. 2021

e. Regresión del modelo cúbico

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad
Intercepción	177,284552	26,3969332	6,71610413	2,7266E-07
Variable X1	-22,8183251	6,84115637	-3.33544852	0,00241138
Variable X2	1,91241421	0,56696799	3,37305501	0,00218934
Variable X3	-0,05201687	0,01509742	-3,44541432	0,00181635

Realizado por: Estrella, F. 2021

ANEXO D: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LA FIBRA CRUDA DE LOS CUATRO TRATAMIENTOS DE LA DIETA.

a. Resultados experimentales

TRATAMIENTOS	REPETICIONES								MEDIA
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
8%	63.8	62.2	61.1	67	65.5	66.4	56.7	65.8	63.6
11%	49.1	55.1	68.4	62.7	54.5	60.9	62.2	66.8	60
14%	60.1	60.9	72.4	73.4	62.1	73.6	66.9	68.4	67.2
17%	61.6	60.9	66.5	69.8	64.3	71.6	65	63.4	65.4

Realizado por: Estrella, F. 2021

b. Análisis de Varianza

F.V.	GL	SC	CM	F Cal	Pr > F
TRATAMIENTO	3	229.79	76.60	3.03	0.0460
ERROR	28	708.49	25.30		
TOTAL	31	938.28			
CV (%)	7.85				
MEDIA	64				

Realizado por: Estrella, F. 2021

c. Separación de medias según Tukey ($P < 0.05$)

TRATAMIENTOS	MEDIAS	N	E.E.	RANGO
8%	63.57	8	1.78	AB
11%	58.98	8	1.78	B
14%	67.23	8	1.78	A
17%	65.39	8	1.78	AB

Realizado por: Estrella, F. 2021

d. Análisis de varianza (regresión)

	GL	Suma de cuadrados	\bar{x} de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	3	229,813687	76,6045625	3,02717986	0,04599652
Residuos	28	708,556428	25,3055867		
Total	31	938,370115			

Realizado por: Estrella, F. 2021

e. Regresión del modelo cúbico

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad
Intercepción	277,756195	85,8447784	3,23556308	0,00311156
Variable X1	-56,2047685	22,2479463	-2,52629019	0,01746195
Variable X2	4,66334457	1,84382181	2,52917312	0,0173462
Variable X3	-0,12306002	0,04909793	-2,50641974	0,01827938

Realizado por: Estrella, F. 2021

ANEXO E: EVALUACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE FIBRA EN LA DIGESTIBILIDAD DE CUYES *CAVIA PORCELLUS*

VARIABLES	TRATAMIENTOS FIBRA CRUDA (%)				E.E.	Prob.
	8%	11%	14%	17%		
Digestibilidad de Materia Seca	71.6 A	62.98 BC	67.19 AB	58.09 C	1.74	0.0001
Digestibilidad de Materia Orgánica	86.27 A	80.78 B	83.62 AB	79.31 B	1.39	0.0070
Digestibilidad de Proteína Cruda	90.5 A	88.45 AB	89.93 A	86.50 B	0.55	0.0001
Digestibilidad de Fibra Cruda	63.57 AB	58.98 B	67.23 A	65.39 AB	1.78	0.0460

Medias con letras iguales en una misma fila no difieren estadísticamente de acuerdo a Tukey (P<0.05)

Prob: Probabilidad

EE: Error estándar

Realizado por: Estrella, F. 2021