



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Medicina Veterinaria

**Efecto del tamaño de partículas de la dieta sobre la
digestibilidad de nutrientes en cuyes (*Cavia porcellus*)**

Trabajo de Integración Curricular
previo a la obtención del título de Médica
Veterinaria.

AUTORA:

Andrea Catherine Jirón Chamba

DIRECTORA:

Dra. Rocío del Carmen Herrera Herrera, Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2023

Certificación

Loja, 18 de septiembre de 2023

Dra. Rocío del Carmen Herrera Herrera, Mg. Sc.

DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Efecto del tamaño de partículas de la dieta sobre la digestibilidad de nutrientes en cuyes (*Cavia porcellus*)**, previo a la obtención del título de **Médica Veterinaria**, de la autoría de la estudiante **Andrea Catherine Jirón Chamba**, con cédula de identidad Nro. **1150642427**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.



Firmado electrónicamente por:
**ROCIO DEL CARMEN
HERRERA HERRERA**

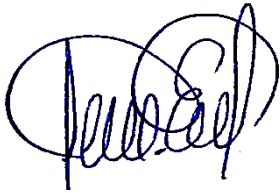
Dra. Rocío del Carmen Herrera Herrera, Mg. Sc.

DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Autoría

Yo, **Andrea Catherine Jirón Chamba**, declaro ser autora del presente Trabajo de Integración Curricular y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Integración Curricular, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma:



Cédula de identidad: 1150642427

Fecha: 07 de noviembre de 2023

Correo electrónico: andrea.jiron@unl.edu.ec

Teléfono: 0939536290

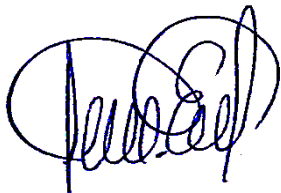
Carta de autorización por parte de la autora, para consulta, reproducción parcial o total y publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Integración Curricular.

Yo, **Andrea Catherine Jirón Chamba**, declaro ser autora del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Efecto del tamaño de partículas de la dieta sobre la digestibilidad de nutrientes en cuyes (*Cavia porcellus*)**, como requisito para optar el título de **Médica Veterinaria**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Integración Curricular que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los siete días del mes de noviembre de dos mil veintitrés.



Firma:

Autora: Andrea Catherine Jirón Chamba

Cédula: 1150642427

Dirección: Catamayo

Correo electrónico: andrea.jiron@unl.edu.ec

Teléfono: 0939536290

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Directora del Trabajo de Integración Curricular: Dra. Rocío del Carmen Herrera Herrera, Mg. Sc.

Dedicatoria

Dedico este Trabajo de Integración Curricular a mis Padres Carlos Jirón y Vilma Chamba por apoyarme incondicionalmente durante toda la carrera, por su esfuerzo, sacrificio y por fomentarme el deseo de superación. A mi amada hija Scarlet por su cariño absoluto y por ser mi mayor inspiración para la culminación de la investigación.

A mis hermanos que estuvieron apoyándome durante todo el proceso académico para que este sueño se haga realidad.

A mis amigos que estuvieron involucrados en el proceso de elaboración de la investigación.

Andrea Catherine Jirón Chamba

Agradecimiento

A la Universidad Nacional de Loja, a la Facultad Agropecuaria de Recursos Naturales Renovables.

De forma especial, agradezco a mi Directora del Trabajo de Integración Curricular Dra. Rocío del Carmen Herrera Herrera, Mg. Sc. por su orientación, apoyo y motivación en la elaboración y desarrollo de la investigación.

A los Docentes Dr. Galo Escudero, Dr. Luis Aguirre, Dr. Rodrigo Abad, y a la Ing. Beatriz Guerrero, de la Carrera de Medicina Veterinaria por su aporte en mi formación académica, por el acompañamiento y paciencia en la culminación de la investigación.

Andrea Catherine Jirón Chamba

Índice de contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de tablas	ix
Índice de figuras	x
Índice de anexos	xi
1. Título	1
2. Resumen	2
2.1 Abstract	3
3. Introducción	4
4. Marco Teórico	6
4.1. El Cuy (<i>Cavia porcellus</i>).....	6
4.2. Proceso Digestivo del Cuy (<i>Cavia porcellus</i>).....	6
4.3. Requerimientos Nutricionales del Cuy	7
4.3.1. Proteína Cruda.....	7
4.3.2. Energía y Grasa Cruda	8
4.3.3. Agua	8
4.3.4. Minerales.....	9
4.3.5. Vitaminas	9
4.4. Efecto del Tamaño de Partícula sobre la Digestibilidad de Nutrientes	10
4.5. Métodos Gravimétricos para la Evaluación de Nutrientes	10
4.5.1. Determinación de la Materia Seca (MS)	10
4.5.2. Determinación de Ceniza (Cz)	11
4.5.3. Determinación de Grasa Cruda (GC)	11
4.6. Digestibilidad	12
4.6.1. Tipos de Digestibilidad	12
4.6.2. Expresión de la Digestibilidad	13
4.6.3. Factores que Alteran la Digestibilidad	13
5. Metodología	14
5.1. Área de Estudio	14

5.2. Procedimiento.....	14
5.2.1. Animales e Instalaciones	14
5.2.2. Dietas Experimentales	14
5.2.3. Diseño Experimental	16
5.2.4. Desarrollo del Experimento.....	16
5.2.5. Composición Química de las Dietas y Heces.....	17
5.2.6. Variables Evaluadas	17
5.3. Procesamiento y Análisis de la Información.....	17
5.4. Consideraciones Éticas	18
6. Resultados	19
6.1. Composición Química de las Dietas y Heces	19
6.2. Análisis de Digestibilidad	19
7. Discusión	21
7.1. Digestibilidad de Materia Seca (DMS), Materia Orgánica (DMO) y Grasa Cruda (GC)..	21
8. Conclusiones	24
9. Recomendaciones	25
10. Bibliografía	26
11. Anexos.	34

Índice de tablas

Tabla 1. Requerimientos nutricionales NRC (1995) para (<i>Cavia porcellus</i>)	7
Tabla 2. Minerales indispensables requeridos por los cuyes (<i>Cavia porcellus</i>).	9
Tabla 3. Elaboración de las diferentes dietas experimentales con la inclusión de King grass morado (<i>Pennisetum purpureum</i>).....	15
Tabla 4. Distribución granulométrica de las dietas Experimentales, %MS.	16
Tabla 5. Análisis de la composición química de las dietas,% MS.	19
Tabla 6. Análisis de la composición química de las heces, %.	19
Tabla 7. Análisis del coeficiente de digestibilidad in vivo de nutrientes, %.....	20

Índice de figuras

Figura 1. Ubicación de la Quinta Experimental Punzara.	14
Figura 2. Realización de dietas experimentales.	34
Figura 3. Adecuación de instalaciones y conformación de los grupos experimentales.	34
Figura 4. Suministro de agua y alimento a las diferentes unidades experimentales.	35
Figura 5. Pesaje de alimento y de las unidades observacionales.	35
Figura 6. Pesaje, rotulación y registro de excretas.	36
Figura 7. Análisis Químico de materia seca (MS).	36
Figura 8. Extracción de grasa a travez del método Soxhlet.	37
Figura 9. Tamizaje.	37

Índice de anexos

Anexo 1. Evidencias del trabajo de investigación.	34
Anexo 2. Evidencias del análisis de las excretas y composición química de las dietas.....	36
Anexo 3. Evidencias fotográficas del tamizaje de las dietas experimentales.	37
Anexo 4. Certificado de la traducción en inglés.	38

1. Título

Efecto del tamaño de partículas de la dieta sobre la digestibilidad de nutrientes en cuyes
(*Cavia porcellus*).

2. Resumen

La digestibilidad mide el porcentaje de nutrientes aprovechados por el organismo. El objetivo de este estudio fue comparar el efecto del tamaño de partículas de la dieta sobre la digestibilidad de nutrientes en cuyes (*Cavia porcellus*). Se utilizaron 30 cobayas hembras de tipo A1 de 90 días de edad con un peso promedio de 1306 g, fueron colocadas aleatoriamente en jaulas metabólicas individuales de 51x42x26 cm. Se aplicó un diseño completamente aleatorizado. Las tres dietas se formularon considerando los requerimientos de las normas del NRC (1995) con tamaños de partículas fina, media y gruesa, se adicionó vitamina C (0,096 g/kg) post-pellet, se estableció un periodo de adaptación de siete días y se recolectaron heces durante los tres siguientes días, se registró el peso de excretas y de los animales, estableciendo el consumo diario del alimento. La dieta y las heces recolectadas se analizaron mediante los protocolos de la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (2016). Los datos fueron procesados utilizando el paquete estadístico InfoStat, para la determinación de coeficientes de digestibilidad *in vivo* de materia seca, materia orgánica y grasa cruda. Los resultados obtenidos muestran que no existió diferencia significativa en la digestibilidad de materia seca y materia orgánica ($p>0,145$), obteniendo promedios de 68,5 y 69,5 respectivamente; mientras que en grasa cruda se evidenció una tendencia ($p>0,096$). Se concluye que los tamaños de partícula no afectaron significativamente sobre la digestibilidad de nutrientes evaluados.

Palabras claves: digestibilidad, cobayas, materia seca, materia orgánica, grasa cruda.

2.1. Abstract

Digestibility measures the percentage of nutrients utilized by the body; the objective of this study was to compare the effect of diet particle size on nutrient digestibility in guinea pigs (*Cavia porcellus*); we randomly placed thirty 90-day-old female A1 type guinea pigs with an average weight of 1306 g in individual metabolic cages of 51x42x26 cm, we applied a completely randomized design, we formulated the three diets considering the requirements of the NRC (1995) standards with fine, medium and coarse particle sizes, we added vitamin C (0.096 g/kg) post-pellet, we established an adaptation period of seven days, and we collected feces during the following three days, the weight of excreta and of the animals we recorded, established the daily feed consumption, we analyzed the diet and, collected feces using the protocols of the Association of Official Analytical Chemists (2016), We processed The data using the statistical package InfoStat to determine in vivo digestibility coefficients of dry matter, organic matter and crude fat. The results show no significant difference in the digestibility of dry matter and organic matter ($p>0.145$), obtaining averages of 68.5 and 69.5 correspondingly. We evidenced a trend in crude fat ($p>0.096$). We concluded that particle size did not significantly affect the digestibility of the nutrients evaluated.

Keywords: digestibility, guinea pigs, dry matter, organic matter, crude fat.

3. Introducción

Los cuyes son originarios de las regiones andinas de Perú, Bolivia, Ecuador y Colombia (Andrade y Altamirano, 2023). La Organización Mundial de la Salud (ONU) y Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO) consideran la carne de esta especie como fuente fundamental de seguridad alimentaria, para las poblaciones de bajos recursos económicos (Cuibin et al., 2020). El Instituto Nacional de Estadística y Censos de Ecuador INEC (2000) estima el número de cuyes en cinco millones, de los cuales el 65% se encuentran en las provincias de Azuay, Tungurahua, Chimborazo y Cotopaxi, ya que su consumo per-cápita de carne en 2001 era del 0,41 kg por hábitat (Espín et al., 2004). Según el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), el número promedio de cobayas es de 21 000 000; sin embargo, gracias a su tasa de reproducción, este plan aumentará a 47 000 000, dando lugar a la producción de 14 300 toneladas de carne en el 2016 (Vásconez, 2022).

La producción de cobayos se ha convertido en una actividad tecnificada que aporta a la economía rural, sin embargo, un incremento de la producción, requiere de mayor cuidado sobre su manejo (Canchignia, 2012). La nutrición y alimentación son consideradas de vital importancia para garantizar su potencial genético, representan alrededor del 60 al 70% del valor de producción, una demanda elevada sobre el uso de diferentes alimentos en la dieta ocasionan el incremento de su precio (Selva, 2017); al respecto Benítez et al., (2019) señalan que el principal problema de los productores es el desconocimiento que carecen sobre las necesidades nutricionales que requieren de acuerdo a su etapa fisiológica y su deficiente manejo lo que conlleva a que esta actividad no sea tan eficaz. Ante esta realidad Reid y Mickelsen (1963) mencionan que es fundamental disponer de información relevante sobre las necesidades nutricionales de estos fermentadores posgástricos, ya que poseen una fisiología digestiva bacteriana y enzimática en el ciego, de tal manera que asimila eficientemente la materia orgánica y la fibra.

La molienda es un factor que influye sobre el aumento de la velocidad de paso de los alimentos por el tracto gastrointestinal, disminuyendo la digestibilidad, debido a una compensación de un mayor consumo de alimento, lo que a su vez se refleja en mejores respuestas de los animales (Muñoz y Solórzano, 2019). Un aumento del tamaño de partículas (> 1,5mm) dificulta la granulación de la dieta (De Blas y Wiseman, 2020), técnica que repercute sobre la transformación del almidón y desnaturalización de lípidos, proteína, así mismo reduce la activación enzimática y aumenta la solubilidad de fibra de la dieta (Drew et

al., 2007; Gaylord et al., 2008; Glencross et al., 2012), influyendo sobre la digestibilidad de energía y nutrientes como la proteína la cual evita que exista un bloqueo en la actividad enzimática (Huamaní et al., 2016); por lo cual es necesario valorar el efecto del tamaño de partículas de la dieta sobre la digestibilidad de nutrientes en cuyes (*Cavia porcellus*); considerando los antecedentes prescritos se plantearon los siguientes objetivos:

- Evaluar la digestibilidad de la materia seca y grasa en cuyes alimentados con dietas que contienen diferentes tamaños de partículas.
- Analizar la digestibilidad de la materia orgánica en cuyes alimentados con dietas con diversos tamaños de partículas.

4. Marco Teórico

4.1. El Cuy (*Cavia porcellus*)

Según Chauca (1997), esta especie es considerada como un mamífero roedor procedente de la zona andina de Ecuador, Bolivia, Perú y Colombia. La carne del cobayo es considerada como magra ya que posee un alto valor nutritivo y de fácil digestión, gracias a su alta calidad proteica, bajo contenido de colesterol y grasa menor al 10%, favoreciendo a una alimentación segura y de buena calidad para la población rural de escasos recursos, ya que es fuente de proteína, hierro y vitamina B12 (Santos, 2007). Además, esta especie requiere una cantidad suficiente de diferentes nutrientes para asegurar su máxima tasa de crecimiento y eficiencia reproductiva y productiva.

A nivel de Sudamérica se categoriza dos genotipos de cuyes en estos países: el genotipo criollo que es manejado en sistemas domésticos y el genotipo mejorado que han sido modificados genéticamente (Carbajal, 2015), por cuanto la crianza y comercialización de este tipo en la región andina ha incrementado y consigo la rentabilidad de los productores (Soria, 2003).

4.2. Proceso Digestivo del Cuy (*Cavia porcellus*)

Según Saldaña (2019), considera que este animal es considerado un herbívoro monogástrico, en base a su anatomía gastrointestinal. Así mismo es considerado un fermentador posgástrico ya que posee un estómago e intestinos en donde comienza la digestión enzimática y la fermentación bacteriana.

Es característico de esta especie realizar el proceso de la cecotrofia (consumo de heces blandas) para reciclar nitrógeno, lo que asegura un buen comportamiento productivo en dietas con moderados niveles de proteína (Chauca, 1997), este tipo de excrementos con residuos de nutrientes no digeridos y con características físico-químicas propias permiten en el animal cubrir requerimientos de vitamina C y B, además de mejorar la digestibilidad de otros nutrientes (Brenes et al., 1969).

El estómago segrega ácido clorhídrico cuya función es disolver los alimentos y convertirlos en una solución llamada quimo (Vargas y Yupa, 2011). La deglución no demora más de dos horas en pasar por el estómago y el intestino delgado, y 48 horas en el ciego. Por ende, Gutiérrez et al (2021), consideran que la celulosa ralentiza el movimiento

del contenido intestinal, lo que asegura una mejor absorción de nutrientes y, por lo tanto, una mejor utilización del contenido de fibra.

De esta forma, Jave (2014), confirmó que la máxima absorción de nutrientes se da a nivel del intestino delgado, principalmente en la primera parte (duodeno), donde el quimo se convierte en quilo por acción de las enzimas pancreáticas y así mismo por causa de las sales biliares que ocasiona el hígado ya que logran llegar con la bilis; las proteínas, los carbohidratos y las moléculas de grasa se convierten en azúcares simples, aminoácidos y ácidos grasos, que pueden atravesar el epitelio intestinal del páncreas y así ingresar en los vasos sanguíneos y linfáticos (Farfán, 2020).

4.3. Requerimientos Nutricionales del Cuy

Las necesidades de crecimiento, mantenimiento y producción se cubren de acuerdo al porcentaje de inclusión de nutrientes en las dietas balanceadas, estas van a variar de acuerdo al desarrollo del animal, estado fisiológico, genotipo y contexto en donde se desarrollan (Puelles, 2019).

Tabla 1. Requerimientos nutricionales NRC (1995) para (*Cavia porcellus*).

Nutrientes	Concentración en la dieta
Proteína %	18,00
Energía digestible, Kcal/Kg	3000,00
Fibra %	10,00
Ácido graso insaturado %	<1,00

Fuente: (Calderón y Cazares, 2008).

4.3.1. Proteína Cruda

Según Vergara (2008) considera que la proteína es uno de los principales componentes de la nutrición, de esta manera INIA (2007) afirma que el aporte proteico es necesario para la síntesis o formación de los tejidos corporales y que el aporte insuficiente conduce al bajo peso al nacer, crecimiento atrofiado, baja producción de leche, infertilidad y utilización ineficiente del alimento, por esta razón se debe considerar la calidad de la proteína, ya que el alimento siempre se debe racionar en función de fuentes proteicas de origen animal y vegetal. De esta forma se consigue un equilibrio natural de aminoácidos para un buen

desarrollo. Por ende, Carbajal (2015) recomienda una dieta para cuyes con 18% de proteína para lograr una tasa de conversión alimenticia de 3 a 4 entre las semanas 5 y 10.

4.3.2. Energía y Grasa Cruda

Según Bonilla (2022) confirma que la energía tiene gran importancia ya que radica en un 70% o el 90% de la dieta, es decir que consiste en sustancias que se convierten en precursores de energía o moléculas ahorradoras de energía. Además del 10% al 30% restante de la dieta, también hay una parte que aporta cofactores para la conversión de energía en el organismo. De esta forma, Bernal y Vásquez (2021) argumentan que las necesidades energéticas están influenciadas por la edad, la fisiología, la producción y la temperatura del ambiente. Los animales tienden a consumir más a medida que disminuyen los niveles de energía de los carbohidratos, proteínas y lípidos en la dieta. Según la NRC (1978), el requerimiento energético de los cuyes es de 3,0 Mcal ED/kg, y 2,8 Mcal ED/kg (Carbajal, 2015); mientras que Airahuacho y Vergara (2017), señalan valores de 2,86 y 2,90 Mcal ED/kg son suficientes para las fases de crecimiento, engorde, gestación y lactancia.

Chauca (1997), menciona que los cuyes requieren 4 g/kg de grasa o ácidos grasos insaturados. La falta de grasas en la dieta puede causar retraso en el crecimiento, dermatitis, úlceras en la piel, crecimiento deficiente del cabello y caída del cabello. Por esta razón, Chillagano (2014), considera que un nivel de grasa del 3% al 5% es suficiente para un buen crecimiento, además, la grasa aporta al organismo ciertas vitaminas contenidas en ella, a la vez que promueve una buena absorción de proteínas. El requerimiento de grasa es del 1% al 2% y este puede ser implementado a través de aceites vegetales.

4.3.3. Agua

Según Correa (1986), afirma que las fuentes de agua se encuentran para los cuyes se encuentran en la gran mayoría de alimentos, por el agua potable y el agua derivada de la oxidación metabólica de nutrientes orgánicos que contienen hidrógeno. Por ello, Chauca (1997), argumentó que los requerimientos de agua dependen del tipo de alimentación que reciben, ya que se ha demostrado que los cuyes reproductores necesitan entre 50 y 100 ml de agua al día para obtener 250 ml, en el caso de que no se suministre alimento verde y el clima se encuentra por encima de los 30 °C, en estas condiciones los cobayos con acceso a agua potable son más enérgicos en comparación con los que no tienen acceso. De esta manera Carbajal (2014), argumenta que en climas templados o de verano, los cuyes consumen 51 ml

de agua a las 7 semanas de edad y 89 ml de agua a las 13 semanas de edad cuando se alimentan con alimento verde (cascarilla de maíz: 100 g/animal/día).

4.3.4. *Minerales*

Toledo (2022), argumentó que una pequeña proporción de la alimentación animal consiste en minerales y, por lo tanto, los minerales de la dieta se clasifican en esenciales y no esenciales, que son importantes para la nutrición de los cuyes. Como tal, se sabe que requieren una alta ingesta de sales minerales, que son importantes para que su organismo tenga un buen metabolismo, estos se encuentran clasificados en minerales estructurales (calcio, fósforo y magnesio) y electrolitos (sodio, potasio, cloruro). Además, Carbajal (2015) menciona que son necesarios para el crecimiento, gestación y la lactancia. Los cuyes necesitan un 20% de calcio y un 0,6% de fósforo para el engorde; esta proporción de calcio a fósforo es fundamental para evitar problemas metabólicos.

Tabla 2. Minerales indispensables requeridos por los cuyes (*Cavia porcellus*).

Minerales	Porcentaje
Calcio	1.2 %
Potasio	1.4%
Magnesio	0.35%
Fosforo	0.6%

Fuente: (Chauca, 2009)

4.3.5. *Vitaminas*

Según Paredes y Díaz (2023), consideran que las vitaminas son importantes para la protección contra el estrés oxidativo, la regulación de la respuesta inmune y el mantenimiento de los mecanismos fisiológicos, bioquímicos y homeostáticos normales para un rendimiento óptimo del animal. Por ello, Vargas (2016) argumentó que la vitamina más importante en la dieta de los cuyes es la vitamina C, cuya deficiencia puede causar serios problemas de crecimiento y en algunos casos la muerte. Guamán (2021) afirma que al suministrar pasto fresco o alimentos concentrados la necesidad de vitaminas requeridas es en pequeña cantidad, es decir que se requiere 200 mg/kg de Vitamina C de acuerdo al peso corporal.

4.4. Efecto del Tamaño de Partícula sobre la Digestibilidad de Nutrientes

Sakaguchi y Ohumura (1992) evaluaron dietas en cuyes con diferentes granulometrías de 0,381 y 0,840 mm en donde determinaron que posee una retención de diferentes tamaños de partículas, pero con la particularidad de que aprovecha de mejor manera las partículas gruesas y fibrosas para una mejor digestibilidad. Slade y Hintz (1969) mencionan que digieren la materia orgánica y la fibra con la misma eficacia que los ponis y equinos. Esto se debe a que poseen un mecanismo de separación (CSM) trampa moco en donde contiene una taenia y haustrias, mientras que el colon proximal contienen el surco colónico en donde se produce el transporte de bacterias y mucosas hacia el ciego (Sakaguchi, 2003). El ciego de estos fermentadores posgástricos se encuentra bien desarrollado, en donde realizan una rápida mezcla del contenido cecal, retienen la digesta en el colon proximal superior causando así la fermentación (Sakaguchi et al., 1983).

En estudios realizados en conejos Gidenne (1993) menciona que las digestibilidades son bajas a comparación de los cuyes, con tiempos de retención más largos. Esto se debe a que retienen en el ciego digestión líquida y partículas finas (Sakaguchi, 2003). Los movimientos antipersálticos y peristálticos en el colon proximal homogenizan este contenido hasta que se origina el transporte retrogrado de partículas finas (< 0,3mm) para ser reintroducidas en el ciego y las partículas grandes son impulsadas rápidamente por el colon y así ser eliminadas como heces duras.

4.5. Métodos Gravimétricos para la Evaluación de Nutrientes

4.5.1. Determinación de la Materia Seca (MS)

El secado se lo efectúa a una temperatura del 65°C, no elimina agua en una muestra de muy baja presión de vapor, por lo que debe colocarse a una temperatura superior a 105°C y secarse al vacío parcial durante 8 horas hasta obtener un peso constante. La pérdida de peso obtenida representa aquí la humedad retenida en la muestra, y cuando se aplica a la pérdida de peso obtenida por secado a 65 °C, el porcentaje de humedad total en la muestra de alimento se puede determinar mediante la siguiente fórmula:

$$H = HI + (100 - HI) \times \frac{HH}{100}$$

Donde:

$$H = HI + (100 - HI) \times \frac{HH}{100}$$

H= Humedad total en porcentaje.

HI= Humedad inicial (HI) en porcentaje.

HH= Humedad Higroscópica

(HH) en porcentaje.

% MS = 100 - %H

4.5.2. Determinación de Ceniza (Cz)

Mediante el código AOAC 923.03, se procede a emplear la muestra en un crisol limpio y seco, colocarla en un horno de mufla a 600 °C durante una hora para quemar toda la materia orgánica. A continuación, las muestras deben ser enfriadas en un desecador para posteriormente pesarlas en una balanza analítica que difiere en 1,5 a 2 gramos del peso de la muestra homogeneizada en el crisol.

$$\%Cenizas = \frac{\text{peso de crisol muestra} - \text{peso crisol cenizas}}{\text{peso de la muestra}} \times 100$$

4.5.3. Determinación de Grasa Cruda (GC)

Según Mena (2016) afirma que las grasas son compuestos orgánicos muy heterogéneos, pero comparten la propiedad de ser solubles en unas sustancias denominadas disolventes orgánicos, como el éter dietílico, el éter de petróleo, el hexano, etc. Para analizar grasas, las muestras deben tener un tamaño de partícula suficiente y además deben estar pretratadas mediante hidrólisis (ácida o básica), principalmente porque los ácidos grasos están unidos a glicéridos, ésteres de esteroides, glicoles y fosfolípidos. La hidrólisis afecta las paredes celulares y altera las emulsiones grasas y los enlaces proteína-lípido. El aceite crudo o grasa total se dispone de triacilglicerol del 95%, con cantidades pequeñas de monoacilglicerol, diacilglicerol, y ácidos grasos libres.

Es importante señalar que para alcanzar la grasa total se debe seguir los siguientes pasos:

- Medir el peso del cilindro que ha sido prelavado y secado a 130 °C durante al menos una hora.
- Encender el desengrasador y abrir el flujo de agua del condensador, colocar la manga de celulosa con la muestra en el embudo Soxhlet, agregar el solvente al matraz con

aprox. 200 ml, configurar el aparato de manera que se aspire el matraz y colocarlo alternativamente en el condensador.

- Cubrir la parte superior del condensador y se tapa con un desecante envuelto en un paño de algodón (sulfato de sodio anhidro) para evitar la condensación del vapor de agua e inicie la extracción.
- Comprobar que la zona de reflujo es la correcta, luego retire la cánula y destilar la mayor cantidad de disolvente hasta que este posiblemente seco.
- Retirar el matraz del extractor de grasa, colocar en sorbitol y evaporar completamente el solvente a baja temperatura, luego ubicar el matraz directamente en un horno a 130 ° C durante 30 min para eliminar el solvente residual y la humedad residual.
- Transferir el matraz de grasa a un desecador, enfriar a temperatura ambiente y pesar.

4.6. Digestibilidad

Según Caprita et al., (2013) mencionan que la digestibilidad es una medida de la biodisponibilidad de nutrientes y es importante en la formulación de dietas balanceadas para maximizar la productividad animal. Por lo tanto, Jiménez (2007) confirma que se realiza una prueba de digestibilidad con el fin de comprender cuántos nutrientes se logran digerir y, por lo tanto, posiblemente son absorbidos. A partir de estos resultados de digestibilidad, se pueden derivar otros valores que permitan predicciones precisas de la producción de animales o grupos de animales que consumen estas dietas.

4.6.1. Tipos de Digestibilidad

4.6.1.1. Digestibilidad in Vivo (DIV).

Según Velásquez et al., (2016) argumentaron que la (DIV) es posible medir directamente utilizando animales de experimentación, pero requiere un registro preciso de la ingesta de alimentos y heces de los animales tratados durante un período de tiempo. Lammers et al (2009), mencionaron que las mediciones deben incluir un período de adaptación a la dieta utilizada. Al final del período de aclimatación, se registra la ingesta diaria de alimento de cada animal y todas las heces producidas se recolectan y se pesan por separado (método de recolección total), posteriormente los alimentos y heces deben ser llevadas al laboratorio para su análisis.

4.6.2. Expresión de la Digestibilidad

4.6.2.1. Digestibilidad Aparente (DA).

Según Jiménez (2007), conceptúa la digestibilidad aparente como dosis no digeridas, para determinarla recomienda probar varios animales de la misma edad, especie, y sexo, que sean fáciles de manejar y tengan digestibilidades ligeramente diferentes. De esta forma, Stein et al., (2007) mencionan que los valores de digestibilidad comúnmente obtenidos son valores aparentes, es decir, incluyen aportes metabólicos, metabolitos, células epiteliales y microbiales u otros, los cuales alcanzan la luz intestinal y no son suministrados en los alimentos.

4.6.3. Factores que Alteran la Digestibilidad

Muñoz y Solórzano (2019), argumentan que el consumo de alimentos puede controlarse mediante procesos como la molienda, granulación y hojuelado, que generalmente aumentan la velocidad de paso de los alimentos por el tracto gastrointestinal, aunque los efectos antes mencionados reducen levemente la digestibilidad, respaldados por una compensación de un mayor consumo de alimento, lo que a su vez se refleja en mejores respuestas de los animales. Por ende, Martínez (2012) confirma que se han desarrollado determinados procesos tecnológicos, basados, principalmente en el tratamiento térmico, para eliminar los factores anti-nutricionales existentes en determinadas materias primas vegetales obtenidas de fuentes proteicas, permitiendo así la inclusión de la soja y muchas otras materias primas vegetales son incorporadas en las dietas comerciales, a diferentes niveles para distintas especies. Con este fin, Lawrence y Fox (2008) confirmaron que la tecnología de extrusión en general afecta la relación de digestibilidad aparente y que, aunque la extrusión mejora la digestibilidad de los nutrientes, la extrusión excesiva puede reducir la digestibilidad de aminoácidos y proteínas.

5. Metodología

5.1. Área de Estudio

La presente investigación se desarrolló en el área de metabolismo del Centro de Investigación e Innovación de Nutrición Animal (CIDiNA) de la Facultad Agropecuaria de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja ubicado en la "Quinta Experimental Punzara" localizado en la parte sur de la Hoya de Loja a 150 m de la Institución, con las siguientes coordenadas y condiciones meteorológicas: cuenta con una temperatura promedio anual de 15,9 °C y 22,6 °C, altitud 2 135 msnm , precipitación 906,9 mm, humedad relativa 74,5 %.



Figura 1. Ubicación de la Quinta Experimental Punzara (Google Maps, 2022).

5.2. Procedimiento

5.2.1. *Animales e Instalaciones*

Se utilizaron 30 hembras adultas, tipo A1 con edad de 90 días, con un peso de 1306g. Se emplearon jaulas metabólicas de malla galvanizada cuyas medidas son 51x42x26 cm de largo, ancho y altura respectivamente, cada una con su bebedero y comedero propio. Se desinfectó las instalaciones y materiales previo a la colocación de los animales con una solución de amonio cuaternario de 5ml x l de agua.

5.2.2. *Dietas Experimentales*

Se formularon dietas isoproteicas e isoenergéticas de acuerdo a los requerimientos nutricionales de la NRC (1995) para la etapa final (Tabla 3).

Tabla 3. Elaboración de las diferentes dietas experimentales con la inclusión de King grass morado (*Pennisetum purpureum*).

Ítem	Dietas Experimentales, %		
	Fina	Mediana	Gruesa
<i>Ingredientes</i>			
Afrecho de trigo	15	15	15
Trigo	23,07	23,07	23,07
King grass fino	35,72	17,86	-
King grass grueso	-	17,86	35,72
Soya	18,62	18,62	18,62
Aceite de palma	0,890	0,890	0,890
Melaza	4	4	4
Sal	0,4	0,4	0,4
DL-metionina	0,026	0,026	0,026
Bicarbonato de sodio	0,025	0,060	0,060
Premezcla	0,2	0,2	0,2
Carbonato de calcio	1,306	1,306	1,306
Fosfato monocálcico	0,185	0,185	0,185
Bentonita	0,5	0,5	0,5
Vitamina C	0,04	0,04	0,04
<i>Composición química analizada, % MS</i>			
Materia seca	79,66	78,76	78,85
Ceniza	8,98	9,27	8,96
Grasa Cruda	3,22	1,95	2,83
Proteína Cruda	16,85	20,29	18,14
<i>Composición proximal química calculada</i>			
Energía digestible	2800	2800	2800
Fibra detergente neutro (FND)	33,43	33,43	33,43
Proteína Cruda	14,75	14,75	14,75
Almidón	16,91	16,91	16,91
Metionina	0,17	0,17	0,17
Calcio	0,80	0,80	0,80
Fosforo total	0,40	0,40	0,40

¹Premezcla vitamínica mineral, 7 000.000 UI Vitamina A, 1 200.000 UI Vitamina D3, 35. 000 UI Vitamina E, 2000mg Vitamina K3, 1 500mg Vitamina B1, 3 000mg Vitamina B2, 2 500mg Vitamina B6, 20mg Vitamina B12, 20 000mg Niacina, 80mg Biotina, 12 000mg Ácido pantoténico, 250mg; Ácido

fólico, 100 000mg; Colina, 2 000mg Antioxidante, 25 000mg; Manganeso, 90 000mg; Zinc, 75 000mg; Hierro, 7 000mg Cobre, 500mg Yodo, 200mg Selenio, 2 000mg Magnesio, 2 000g Excipientes c.s.p.

²Bentonita 51.35% Silicio; 27,03% Aluminio; 5,83% Hierro; 1,65% Potasio; 1,04% Calcio; 0,77% Magnesio; 0,68% Sodio.

Se evaluaron tres tamaños de partículas fina, mediana y gruesa de esta forma se aplicó la técnica de granulometría de García et al., (2000) quienes mencionan que las proporciones de partículas se llegan a determinar mediante la detección húmeda, de esta manera: colocar 55g de muestra seca y 1,100 ml de agua destilada y 30 ml de detergente comercial (Garza). Agitar las muestras durante la noche a temperatura ambiente. Verter la solución en los cuatro tamices (1,18; 0,500; 0,350; 0,149 mm) de apertura decreciente y luego se lavar con agua destilada durante 20 minutos. Posteriormente, retirar el tamiz de 1,18 mm, escurrir durante 1 h y pesar. Repetir el procedimiento de lavado dejando el residuo en el cedazo con tamaño de poro 0,500; 0,350 y 0,149 mm, durante 10, 6 y 4 min, respectivamente. Todas las muestras recogidas se deben transferir a diferentes bandejas para determinar MS. Los tamaños de partículas de las dietas experimentales se observan en la Tabla 4.

Tabla 4. Distribución granulométrica de las dietas Experimentales, % MS.

Tamaño de partícula, mm	Fina	Mediana	Gruesa
>1,18	6,786	17,743	27,134
0,500-1,17	38,338	45,099	45,760
0,350-0,499	21,454	19,324	11,140
0,149- 0,349	33,422	17,834	15,965

5.2.3. *Diseño Experimental*

Se utilizó un estudio experimental con un diseño completamente aleatorizado, la única fuente de variación fue el tamaño de partículas en la dieta.

5.2.4. *Desarrollo del Experimento*

Se emplearon tres tratamientos, con diferentes tamaños de partículas fina, mediana y gruesa. Los animales previo un tiempo de adaptación de siete días y tres días de experimento, se tomaron los datos y registraron a cada unidad observacional.

Las heces se recolectaron diariamente durante tres días consecutivos, se pesaron individualmente en una balanza digital comercial (SB32001), luego fueron rotuladas y conservadas 2-5 °C para ser trasladadas al laboratorio para el análisis.

5.2.5. *Composición Química de las Dietas y Heces*

Para el análisis de la composición química de las dietas y heces se utilizaron los protocolos de la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC, 2016) para determinar materia seca (945.15/950.46B), cenizas (923.03), grasa (2003.06) y proteína cruda (2001.11).

5.2.6. *Variables Evaluadas*

Las variables se evaluaron con los datos recolectados durante el periodo de experimento se aplicó la fórmula respectiva a cada una.

5.2.6.1. **Digestibilidad de Materia seca (DMS)**

$$DMS\% = \frac{(\text{Consumo MS} - \text{Excreción MS})}{\text{Consumo MS}} \times 100$$

5.2.6.2. **Digestibilidad de Materia orgánica (DMO)**

$$DMO\% = \frac{(\text{Consumo MS} \times \% \text{ MO dieta}) - (\text{Excreción MS} \times \% \text{ MO heces})}{\text{Consumo MS} \times \% \text{ MO dieta}} \times 100$$

5.2.6.3. **Digestibilidad de Grasa Cruda (GC)**

$$DGC\% = \frac{(\text{Consumo MS} \times \% \text{ GC dieta}) - (\text{Excreta MS} \times \% \text{ GC heces})}{\text{Consumo MS} \times \% \text{ GC dieta}} \times 100$$

5.3. **Procesamiento y Análisis de la Información**

Se lleva a cabo un análisis de varianza, utilizando el paquete estadístico InfoStat, en el cual se consideró como principales factores de variación sobre la dieta con diferentes tamaños de partícula. Para comparar las medias se utilizó un t-test, los p-valor $\leq 0,05$ se consideró como significativo.

5.4. Consideraciones Éticas

Previo al estudio de digestibilidad se adquirió las cobayas para su crianza, fueron manejados y posteriormente sacrificados, conforme al ordenamiento de normas definidas para el cuidado y uso de animales mediante el “Código Orgánico del Ambiente” (ROS No 983, Ecuador).

6. Resultados

6.1. Composición Química de las Dietas y Heces

En la tabla 5 se observa el porcentaje de la composición química de las dietas y heces en donde se muestra los diferentes porcentajes obtenidos de materia seca, materia orgánica y grasa cruda en base seca.

Tabla 5. Análisis de la composición química de las dietas, % MS.

Variables	Composición química, %		
	Fina	Mediana	Gruesa
Materia Seca	79,66	78,76	78,85
Materia orgánica	91,02	90,73	91,04
Grasa cruda	3,22	1,95	2,83
Proteína cruda	16,85	20,29	18,14

El porcentaje de materia seca (MS) para las dietas de partícula fina, mediana y gruesa fue de 79,66 %; 78,76%; 78,85; materia orgánica (MO) 91,02%; 90,73% y 91,04%; y grasa cruda (GC) 3,22%; 1,95%; 2,83% según corresponde.

Tabla 6. Análisis de la composición química de las heces, %.

Variables	Composición química, %		
	Fina	Mediana	Gruesa
Materia Seca	58,82	57,41	53,50
Materia orgánica	88,54	87,10	88,27
Grasa cruda	1,79	1,83	1,66

El análisis químico de las heces recolectadas de los cobayos durante el proceso del trabajo de investigación, evidenciándose porcentajes de materia seca (MS) de 58,82%; 57,41%; 53,50%; materia orgánica (MO) 88,54%; 87,10%; 88,27%; y valores de grasa cruda (GC) de 1,79%; 1,83%; 1,66%; se observa en la tabla 6.

6.2. Análisis de Digestibilidad

La tabla 7, se observa el análisis del porcentaje del coeficiente de digestibilidad en base a los diferentes tamaños de partículas fina, mediana y gruesa de materia seca, materia orgánica, y grasa cruda en base seca.

Tabla 7. Análisis del coeficiente de digestibilidad *in vivo* de nutrientes, %.

Digestibilidad, %	Tamaño de partículas, mm			EE	P valor
	Fina	Mediana	Gruesa		
Materia seca	64,6	72,1	68,8	2,59	0,145
Materia orgánica	65,5	73,2	69,8	2,52	0,119
Grasa Cruda	80,24	73,26	81,43	2,76	0,096

MS (materia seca), MO (materia orgánica), y GS (Grasa cruda)

La digestibilidad de materia seca y la materia orgánica no presentaron diferencias estadísticas ($p > 0,145$), sin embargo, se obtuvieron promedios de 68,5 y 69,5 respectivamente mientras que en el caso de la grasa cruda se observa una tendencia ($p > 0,096$) determinando que la partícula gruesa posee una mayor digestibilidad con respecto a la partícula mediana siendo la partícula fina la que nos da valores intermedios de digestibilidad, se observa en la tabla 7.

7. Discusión

7.1. Digestibilidad de Materia Seca (DMS), Materia Orgánica (DMO) y Grasa Cruda (GC)

Los porcentajes de digestibilidad de MS, MO y GC obtenidos en la presente investigación fueron de 68,5%; 69,5% y 78,3% resultados que son inferiores a los de SaKaguchi y Ohmura (1992) quienes evaluaron en cuyes hembras digestibilidad de nutrientes y tiempo de retención de dietas con Ray grass italiano (*Lolium multiflorum*) cuyo tamaño de partícula oscilaba entre 0,381 y 0,840 mm y con longitud de 5 mm reportando DMS 73%; DMO 73,3% y DGC 82,1%; pero superiores a los de SaKaguchi y Nakamichi (1992), que valoraron en cobayas de 646g dietas con inclusión de harina de alfalfa (44%) con tamaño de partícula grande 0,25-2,0mm y pequeña < 0,15 mm alcanzando valores DMS y DMO de 66,9% y 67,8%.

Investigaciones sobre digestibilidad de nutrientes con diferentes tamaños de partículas en el alimento de conejos reportan porcentajes inferiores al presente estudio como es el caso de Lambertini et al., (2000) que en conejos mixtos (machos y hembras) de 47 días obtienen digestibilidades de materia seca, orgánica y grasa cruda 63,5%; 63,8% y 69,3% con dietas basadas en tres tamaño de partículas (fina 0,25mm, media 0,25 y 1mm, gruesa 1mm), mientras que Nieves et al., (2011) emiten datos de 51,9%; 53, 1% y 50,5% respectivamente en conejos destetados California con raciones balanceadas incluyendo de 0, 9 y 18% de *Thitonia diversiforlia* con una partícula de 3mm, así mismo Rios et al., (2020) con harina de forraje de moringa (*Moringa oleifera*) en forma de granulos con partículas de 8,0 mm de largo por 4,0 mm de diámetro señala porcentajes de 62,5%; 62,4% y 63,8% y Laudalio et al., (2009) quienes evaluaron dietas de salvado de trigo con dos tamaños de partículas (2mm y 8 mm) en conejas de 35 días de edad con valores de 57,5%; 68,9% y 69,2% según corresponde. Nicodemo et al., (2006) en el estudio del efecto de dietas isofibrosas e isoenergética valorando una granulometria de < 0,160 mm y >1,250 mm en conejas de crecimiento alcanzaron DMS de 62,1%.

El cuy es mas eficiente en la digestión de nutrientes principalmene de la fibra y sus componentes que los conejos, hámster y ratas (Sakaguchi et al., 1987), se estima que aprovecha partículas de diferente tamaño, retiene la digesta para realizar procesos de fermentación en el ciego y principalmente en el colon proximal; a diferencia del conejo que retiene selectivamente la digesta líquida y partículas finas conllevando a tiempo de retención mas largos y digestibilidades mas bajas que en el cuy (Sakaguchi et al., 1992)., al respecto Gomés (2000)

señala que en conejos las partículas más pequeñas permanecen más tiempo en el ciego proporcionando una mayor digestión bacteriana de la dieta.

En la dieta de fermentadores posgástrico el tamaño de las partículas del alimento es considerada de gran importancia es así que partículas finas < 0,3 mm incrementan el tiempo de retención, a nivel de colon proximal se disocian y se reintroducen en al ciego (Nicodemus, 2006) mediante movimientos antiperistálticos (Lambertini, 2007) mientras que en las grandes aumentan la velocidad y son eliminadas como heces en el caso de los conejos (Gidenne, 1993). Sin embargo, puede existir un efecto negativo cuando la digesta se acumula en el ciego (García et al., 2000) afectando la salud del animal, generando trastornos digestivos por el aumento del tiempo de retención (Blas y Wiseman, 2020), consigo la disminución del pH debido a la presencia de bacterias oportunistas simbióticas como los *Clostridium* que se encargan de la degradación de celulosa, *Anaerofustis* que fermentan carbohidratos y metabolizan la glucosa (Velasco et al., 2018).

La eficacia sobre la digestión de materia seca en fermentadores posgástrico se debe a que esta especie realiza la coprofagia y posee un ciego de gran tamaño (Sakaguchi, 1987). El incremento del contenido celular y del almidón en la dieta de cuyes causan una mayor digestibilidad de materia seca (Sánchez, 2019). Varios factores pueden afectar la digestibilidad de este componente, como es el caso de los niveles y tipos de fibra en la dieta, ya que esta incrementa la viscosidad del quimo sobre el intestino delgado, conllevando a una disminución en la filtración de nutrientes y a una baja digestibilidad de materia seca (Brownlee, 2011). La digestibilidad de materia orgánica y materia seca se correlaciona con el contenido de fibra en los alimentos, si existe un aumento de este contenido la velocidad de paso intestinal desciende ocasionando una restricción en su proceso digestivo por falta de tiempo (Aliaga, 2009).

La administración de grasas en la dieta de estos fermentadores es fundamental ya que es uno de los nutrientes más importantes para el crecimiento y reproducción de tal forma que proporcionan la energía necesaria para que estas especies realicen sus funciones vitales con normalidad (Cardona et al., 2020). De esta manera Smith y Rettie (1928) agregan que este nutriente tiene una correlación con el metabolismo por su amplia capacidad de almacenamiento de ácidos grasos en los tejidos adiposos. Estos se disgregan por el intestino por medio de diferentes transformaciones invisibles, que se absorben por medio de las mucosas, emulsificándose visiblemente por medio de las lácteas del mesenterio, por ende, se considera

que la cobaya posee un nivel elevado de emulsificación de lípidos y grasas sobre la linfa hepática.

Así mismo es considerada uno de los nutrientes con gran variabilidad, por su grado de consumo, ya que, si existe un incremento de grasa en la dieta, disminuye su valor energético de manera lineal y limita la capacidad biliar, conllevando a una baja digestibilidad (Placencia et al., 2005). Una producción excesiva de lípidos afecta a la absorción en la digestión debido a que se dirige al duodeno excediendo la capacidad enzimática y rendimiento biliar, esto se debe a factores como el número de enlaces dobles, niveles de saturación, edad, propiedades de los lípidos (longitud) (Placencia et al., 2005; Tanchaoenrat et al., 2013), flora intestinal, carencia o presencia de ácidos grasos libres (saturados e insaturados) o triglicéridos (Placencia et al., 2005).

8. Conclusiones

Según los resultados del presente estudio se concluye:

- Los diferentes tamaños de partículas de la dieta en cuyes no influyeron sobre la digestibilidad de materia seca y grasa, sin embargo, se evidencia que el tamaño de partícula gruesa tiende a mejorar la digestibilidad de grasa en relación a la fina y mediana.
- La digestibilidad de materia orgánica no se afectó con la inclusión de partículas finas, medianas y gruesas en las dietas de cuyes.

9. Recomendaciones

- Evaluar tamaños de partículas superiores a las evaluadas en la presente investigación, sobre la digestibilidad de nutrientes.
- Evaluar la digestibilidad de fibra cruda en dietas para cuyes con diferentes tamaños de partículas.
- Aplicar técnicas de mezclado y peletizado para obtener dietas homogéneas que garanticen la composición química bromatológica.

10. Bibliografía

- Airahuacho, F. y Vergara, V. (2017). Evaluación de Dos Niveles de Energía Digestible en base a los Estándares Nutricionales del NRC (1995) en Dietas de Crecimiento para Cuyes (*Cavia porcellus* L). *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 28(2), 255–264.
- Aliaga, R. (2009). Producción de Cuyes. 1.ed. Huancayo, Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú. p.145-178.
- Andrade, P., y Altamirano, D. (2023). Balanceado para cuyes de engorde con palmiste y aceite rojo de palma. *In Publicación Semestral*. 2(1). 1-12.
- Benítez, E., Chamba, H., Calderón, A., y Cordero, F. (2019). Evaluación de bloques nutricionales en la alimentación de cobayos (*Cavia porcellus*) en etapas de crecimiento y engorde. *Journal of the Selva Andina Animal Science*, 6(2), 66–73.
- Bernal, W., y Vázquez, H. (2021). Índices productivos en cuyes mejorados (*Cavia porcellus*) en la fase de crecimiento, alimentados con harina de bituca (*Colocasia esculenta*). *Revista de Invest. Agropecuaria Science and Biotechnology*. 1(1). 1-11.
- Bonilla, J. (2022). *Relación de proteína y energía para la nutrición y alimentación de cuyes*. [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Repositorio Institucional ESPOCH.
- Borja, A. (1979). Nutrición. En: Producción de cuyes. Huancayo: Universidad Nacional del Centro. p 141-181.
- Brenes, A., Brenes, J., y Pontes, M. (1969). Requerimientos nutritivos del conejo. *DIALNET*. 1-67.
- Brownlee, I. (2011). The physiological roles of dietary fibre. *Food Hydrocolloids*, 25(2), 238–250.
- Calderón, G. y Cazares, R. (2008). *Evaluación del Comportamiento productivo de Cuyes (Cavia porcellus) en las etapas de crecimiento y engorde, alimentados con bloques*

- nutricionales en base a paja de cebada y alfarina*. [Tesis de grado, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio Institucional UTN.
- Canchignia, T. (2012). “*Probiótico lactina (α BG2210138) más enzimas (SSF) en dietas a base de palmiste en crecimiento engorde de cuyes mejorados*”. [Tesis de grado, Escuela Politécnica de Chimborazo]. Repositorio Institucional ESPOCH.
- Caprita, R., Caprita, A., Crețescu, I., Ursulescu, G., y Nicu, V. (2013). Estimation of in vitro dry matter solubility and protein digestibility of barley grains. *Lucrari Stiintifice Seria Zootehnie*, 60(1). 1-6.
- Carbajal, C. (2014). “*Evaluación premilitar de tres alimentos balanceados para cuyes (Cavia porcellus) en acabado en el valle del Mantaro*”. [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional UNA.
- Carbajal, C. (2014). “*Evaluación premilitar de tres alimentos balanceados para cuyes (Cavia porcellus) en acabado en el valle del Mantaro*”. [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria la Molina]. Repositorio Institucional UNALM.
- Carbajal, C. (2015). “*Evaluación preliminar de tres alimentos balanceados para cuyes (Cavia porcellus) en acabado en el valle del Mantaro*”. [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria la Molina] Repositorio Institucional UNALM.
- Cardona, I., Portillo, P., Carlosama, L., Vargas, J., Avellaneda, Y., Burgos, W., y Patiño, R. (2020). Importancia de la alimentación en el sistema productivo del cuy. *Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia)*. 1-104.
- Chauca, L. (1997). Producción de cuyes (*Cavia porcellus*). *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO)*. 138(1). 1-67.
- Chillagano, J. (2014). *Utilización de Amaranto (amaranthus caudatus) como fuente de proteína en racionessuplementarias para cuyes en etapa de crecimiento* [Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio Institucional UTA.
- Correa, N. (1986). La crianza del cuy. *Instituto Colombiano Agropecuario ICA*. 1-39.

- Cuibin, R., Zea, O., Palacios, G., Norabuena, E., Collazos, L., y Sotelo, A. (2020). Determinación de la digestibilidad y energía digestible de la harina de kudzu (*Pueraria phaseoloides*) en el cuy (*Cavia porcellus*). *Revista de Investigaciones de Perú (RIVEP)*. 31(4). 1-9.
- De Blas, B., y García, P. (1995). Tamaño de partícula de los forrajes en la alimentación de conejos. *Boletín de cunicultura*. 28-32.
- De Blas, C., y Wiseman, J. (2020). Nutrition of the Rabbit. CABI Publishing. 3^{ra} Edición. 1-370.
- Drew, M. Borgeson, T., y Thiessen, D. (2007). A review of processing of feed ingredients to enhance diet digestibility in finfish. In *Animal Feed Science and Technology*, 138(2). 118–136.
- Espín, L., Lucio, J., y Mazzini, M. (2004). “Proyecto de Inversión para la Producción y Comercialización del Cuy (*Cavia Porcellus*) como una Alternativa para el Consumo Local y Desarrollo de su Potencial Exportación”. [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral]. Repositorio Institucional ESPOL.
- Estrella, F. (2022). “Evaluación de diferentes niveles de fibra en la digestibilidad de cuyes (*Cavia porcellus*)”. [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Repositorio Institucional ESPOCH.
- Farfán, L. (2020). “Evaluación de un Fitobiotico natural en el engorde de cuyes sobre los índices productivos”. [Tesis de grado, Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica]. Repositorio Institucional UNICA.
- García, J., Carabaño, R., Pérez, L., y Blas, J. (2000). Effect of fiber source on cecal fermentation and nitrogen recycled through cecotrophy in rabbits. *American Society of Animal Science*. 638-645.
- Gibson, G., Barrows, F., y Rawles, S. (2008). Apparent Digestibility of Gross Nutrients from Feedstuffs in Extruded Feeds for Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Journal of the world aquaculture society*, 39(6). 1-8.

- Gidenne, T. (1993). Effect of dietary starch origin on digestion in the rabbit. 1. Digestibility measurements from weaning to slaughter. In *Animal Feed Science and Technology*, 42(1). 237-247.
- Glencross, B., Blyth, D., Tabrett, S., Bourne, N., Irvin, S., Anderson, M., Fox-Smith, T., y Smullen, R. (2012). An assessment of cereal grains and other starch sources in diets for barramundi (*Lates calcarifer*) - implications for nutritional and functional qualities of extruded feeds. *Aquaculture Nutrition*, 18(4), 388–399.
- Gomes, A., Rocha, J., Vierira, A., y Crespi, M. (2000). Effect of the particle size of coast cross hay (*Cynodon dactylon*) on performance and diet digestibility in growing rabbits. *ISSN*. 249-254.
- Guamán, C. (2021). “La harina de cascarilla de cacao en la alimentación de cuyes”. [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Repositorio Institucional ESPOCH.
- Gutiérrez, I., Ramos, L., y Soscue, M. (2021). *Fisiopatología del sistema digestivo y necesidades nutricionales del cuy (Cavia porcellus)*. [Tesis de grado, Universidad Antonio Nariño]. Repositorio Institucional UAN.
- Huamaní, G., Zea, O., Gutiérrez, G., y Vílchez, C. (2016). Effect of three feeding systems on productive performance and on carcass fatty acid profile in Guinea pigs. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 27(3), 486–494.
- Instituto Nacional de Investigación Agraria. (2007). Agricultores en la Ciudad, enfrentando a la pobreza urbana a través de la agricultura. *INIA*. 1-187.
- Jave, Z. (2014). *Efecto del contenido de Fibra detergente neutro (FND) de dos fuentes forrajeras en el comportamiento productivo de cuyes (Cavia porcellus) en Cajamarca*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional UNC.
- Jiménez, Y. (2007). *Valoración energética de diferentes tipos de maíz (Zea mays) utilizado en la alimentación de cuyes (Cavia porcellus)*. [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Repositorio Institucional ESPOCH.

- Lambertini, L., Lambertini, L., Vignola, G., Dainese, E., y Cipollini, I. (2007). Effects of feed particle size on caecal activity and growth performances in fattening rabbits. In *progress in nutrition*, 9(3). 189-197.
- Lammers, P., Carlson, S., Zdorkowski, G., & Honeyman, M. (2009). Reduciendo la inseguridad alimentaria en los países en desarrollo a través de la producción de carne: El potencial del cuy (*Cavia porcellus*). *Agricultura renovable y sistemas alimentarios*, 24(2). 155-162.
- Laudadio, V., Dario, M., Addonizio, F., y Tufarelli, V. (2009). Effect of inclusion of hard versus softwheat bran with different particle size on diet digestibility, growth performance and carcass traits of fattening rabbits. *Asian-Aust. J. Anim. Sci*, 22(10). 1377-1385.
- Lawrence, A., y Fox, J. (2008). Manual de Metodologías de Digestibilidad in vivo e in vitro para Ingredientes y Dietas para Camarón. *Ciencia y tecnología para el desarrollo CYTED*, 1-246.
- Morisse, J. (1997). Influence of stocking density or group size on behaviour of fattening rabbits kept under intensive conditions. *Applied Animal Behaviour Science*. 54(4). 351-357.
- Muñoz, J., y Solórzano, G. (2019). *Uso de complejo multienzimático fibrolítico sobre la digestibilidad de rastrojos agrícolas en cuyes (Cavia porcellus)*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco] Repositorio Institucional UNSAAC.
- Nicodemus, N., García, J., Carabaño, R., y Blas, C. (2006). Effect of a reduction of dietary particle size by substituting a mixture of fibrous by-products for lucerne hay on performance and digestion of growing rabbits and lactating does. *Departamento de Producción Animal*. 242-250.
- Nieves, D., Terán, O., Cruz, L., Mena, M., y Gutiérrez, F. (2011). Nutrients digestibility in *Tithonia diversifolia* foliage in fattening rabbits. In *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14(1).309-314.

- o, E. (2022). *Evaluación de diferentes niveles de fibra en la Digestibilidad de cuyes (Cavia porcellus)*. [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Repositorio Institucional ESPOCH.
- Paredes, M., y Díaz, J. (2023). Efecto de los niveles de premezcla vitamínica y de minerales en la dieta sobre el rendimiento productivo de cuyes de engorde. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 34(1), 1-5.
- Plascencia., J., Mendoza., G., Vásquez, C., y Avery, R. (2005). Factores que influyen en el valor nutricional de las grasas utilizadas en las dietas para bovinos de engorda en confinamiento: una revisión. *Redalyc*. 30(3). 134-142.
- Puelles, A. (2019). *Uso de complejo Multi-Enzimático fibrolítico sobre la digestibilidad de rastrojos agrícolas en cuyes (Cavia porcellus)*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. Repositorio Institucional UNSAAC.
- Reid, M.E. y Mickelsen, O. 1963. Nutritional studies with the guinea pig: VIII. Effect of different proteins, with and without amino acid supplements, on growth. *J. of Nutrition* 80(1). 25-3
- Reid, M.E. y Mickelsen, O. 1963. Nutritional studies with the guinea pig: VIII. Effect of different proteins, with and without amino acid supplements, on growth. *J. of Nutrition* 80:25-32.
- Ríos, C., Viagem, C., Ferreira, W. M., Bustamante, D., y Mireles, S. (2020). In vivo digestibility of nutrients and energy of moringa (*Moringa oleifera* ecotype Pernambuco) forage meal, for growing-fattening rabbits. In *Cuban Journal of Agricultural Science*, 54(3).
- Sakaguchi, E. I., y Ohmura, S. (1992). Fibre digestion and digesta retention time in guinea-pigs (*Cavia porcellus*), degus (*Octodon degus*) and leaf-eared mice (*Phyllotis darwini*). In *Biochem. Physiol*, 103(4). 787-791.
- Sakaguchi, E., Itoh, H., Uchida, S., y Horigome, T. (1987). Comparison of fibre digestion and digesta retention time between rabbits, guinea-pigs, rats and hamsters. *British Journal of Nutrition*, 58(1), 149–158.

- Sakaguchi, E., Kaizu, K., y Nakamichi, M. (1992). Fibre digestion and digesta retention from different physical forms of the feed in the rabbit. In *Biochem. Physiol*, 102(3). 559-563.
- Saldaña, K. (2019). *Efecto de la adición de un emulsificante en dietas de crecimiento-engorde para cuyes sobre los parámetros productivos y rentabilidad económica*. [Tesis de grado, Universidad Privada Antenor Orrego]. Repositorio Institucional UPAO.
- Saldaña, K. (2019). *Efecto de la adición de un emulsificante en dietas de crecimiento-engorde para cuyes sobre los parámetros productivos y rentabilidad económica*. [Tesis de grado, Universidad Privada Antenor Orrego]. Repositorio Institucional UPAO.
- Sánchez, F., Martínez, G., Pérez, F., García, J., y Barros, O. (2019). Crecimiento de cuyes (*Cavia porcellus*) con alimento para conejos y suplementación de vitamina C. *Revista de Medicina Veterinaria de Córdoba*. 24(3). 7286-7290.
- Santos, V. (2007). Importancia del cuy y su competitividad en el mercado. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. 15, (2). 1-2.
- Selva, J. (2017). Los costos de la alimentación en la producción pecuaria. *Journal of the Selva Andina Animal Science*. 4(2). 93-94.
http://www.scielo.org.bo/pdf/jsaas/v4n2/v4n2_a01.pdf
- Slade, L., y Hintz, H. (1969). Comparison of digestion in horses, ponies, rabbits and guinea pigs. *Revista de Ciencia animal*. 28(6), 842-843.
- Smith, J., y Rettie, T. (1928). The absorption, deposition, and transport of fat in the guinea-pig. *Quarterly Journal of Experimental Physiology*, 19(1), 51-60.
- Soria, K. (2003). *Material de Difusión sobre Nutrición y Alimentación del Cuy (Cavia porcellus) para estudiantes de pregrado y productores*. [Tesis de grado, Universidad Mayor de San Simón]. Repositorio Institucional UMSS.
- Stein, H., Fuller, M., Moughan, P., Séve, B., Mosenthin, R., Jansman, M., Fernández, J., y Lange, C. (2007). Definition of apparent, true, and standardized ileal digestibility of amino acids in pigs. *Livestock Science*. 109(1). 282-285.

- Tancharoenrat, P., Ravindran, V., Zaefarian, F., y Ravindran, G. (2013). Influence of age on the apparent metabolisable energy and total tract apparent fat digestibility of different fat sources for broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology*, 186(3–4), 186–192.
- Van Soest, P., Robertson, J., & Lewis, B. (1991). Symposium: carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. *Department of Animal Science and Division of Nutritional Sciences*. 74(1). 3583-3597.
- Vargas, L. (2016). *Inclusión de diferentes niveles de harina de cascarilla de cacao en la alimentación de cuyes en fases de crecimiento y acabado*". [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional UNAS.
- Vargas, S., y Yupa, E. (2011). "Determinación de la ganancia de peso en cuyes (*Cavia porcellus*), con dos tipos de alimento balanceado". [Tesis de grado, Universidad Católica de Cuenca]. Repositorio Institucional UCACUE.
- Vásconez, G. (2022). *Estrategias de comercialización para la producción de cuyes (Cavia porcellus) en el Distrito Metropolitano de Quito*. [Tesis de grado, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio Institucional UCE.
- Velasco, M., Piles, M., Viñas, M., Oriol, R., Gonzales, O., Guivernau, M., y Sánchez, J. (2018). Rabbit microbiota changes throughout the intestinal tract. *Frontiers in Microbiology*. 9(1). 1-14.
- Velásquez, L., Monsalve, M., Ríos, J., & Roa, M. (2016). Digestibilidad in vivo en cuyes alimentados con cuatro variedades de *Brachiaria* spp. *Revista Sistemas de Producción Agroecológicos*. 7(1). 1-16.
- Vergara, V. (2008). Avances en nutrición y alimentación de cuyes. *Programa de Investigación y Proyección Social de Alimentos*. 1-31.

11. Anexos.

Anexo 1. Evidencias del trabajo de investigación.



Figura 2. Realización de dietas experimentales.



Figura 3. Adecuación de instalaciones y conformación de los grupos experimentales.



Figura 4. Suministro de agua y alimento a las diferentes unidades experimentales.



Figura 5. Pesaje de alimento y de las unidades observacionales.

Anexo 2. Evidencias del análisis de las excretas y composición química de las dietas.



Figura 6. Pesaje, rotulación y registro de excretas.



Figura 7. Análisis Químico de materia seca (MS).



Figura 8. Extracción de grasa a través del método Soxhlet.

Anexo 3. Evidencias fotográficas del tamizaje de las dietas experimentales.



Figura 9. Tamizaje.

Anexo 4. Certificado de la traducción en inglés.

English Speak Up Center

Nosotros "English Speak Up Center"

CERTIFICAMOS que

La traducción del resumen de Tesis titulado "EFECTO DEL TAMAÑO DE PARTÍCULAS DE LA DIETA SOBRE LA DIGESTIBILIDAD DE NUTRIENTES EN CUYES (*CAVIA PORCELLUS*).", documento adjunto solicitado por la señorita Andrea Catherine Jirón Chamba con cédula de ciudadanía número 1150642427 ha sido realizada por el Centro Particular de Enseñanza de Idiomas "English Speak Up Center"

Esta es una traducción textual del documento adjunto. El traductor es competente y autorizado para realizar traducciones.

Loja, 31 de octubre de 2023


Mg. Sc. Elizabeth Sánchez Burneo
DIRECTORA ACADÉMICA



DIRECCIÓN: SUCRE 207-15 ENTRE AZUAY Y MIGUEL RÍOFRÍO

TELÉFONO: 099 5263 204