



1859



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia

DIGESTIBILIDAD IN VIVO DE DIETAS EN CUYES (*Cavia porcellus*) CON LA INCLUSIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE MARALFALFA (*Pennisetum spp.*)

Trabajo de Titulación previo a la
obtención del título de Médica
Veterinaria Zootecnista.

AUTORA:

Thalía del Rosio Puglla Remache

DIRECTORA:

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

Loja-Ecuador

2023

Certificación

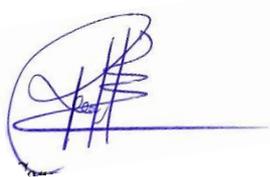
Loja, 23 de septiembre de 2022

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

DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo proceso de la elaboración del Trabajo de Titulación denominado: “**DIGESTIBILIDAD IN VIVO DE DIETAS EN CUYES (*Cavia porcellus*) CON LA INCLUSIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE MARALFALFA (*Pennisetum spp.*)**” de autoría de la estudiante **Thalía del Rosio Puglla Remache**, con cédula de identidad Nro. **1104575632**, previa a la obtención del título de **Médica Veterinaria Zootecnista**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, apruebo y autorizo su presentación para los trámites de titulación.



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

DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría

Yo, **Thalía del Rosio Puglla Remache**, declaro ser autora del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido de la misma. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Titulación, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma: 

Cédula de Identidad: 1104575632

Fecha: 1 de marzo de 2023

Correo electrónico: thalia.puglla@unl.edu.ec

Teléfono: 0986226162

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

Yo, **Thalía del Rosio Puglla Remache**, declaro ser autora del Trabajo de Titulación denominado: “**DIGESTIBILIDAD IN VIVO DE DIETAS EN CUYES (*Cavia porcellus*) CON LA INCLUSIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE MARALFALFA (*Pennisetum spp.*)**”, como requisito para optar el título de **Médica Veterinaria Zootecnista** 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 de la siguiente manera 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 Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, al primer día del mes de marzo del dos mil veintitrés.

Firma: 

Autor: Thalía del Rosio Puglla Remache

Cédula: 1104575632

Dirección: Marsella y Dublín, Loja.

Correo electrónico: thalia.puglla@unl.edu.ec

Teléfono: 0986226162

DATOS COPLEMENTARIOS:

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

Dedicatoria

A mis padres Rosario y Manuel, por haberme dado la vida, inculcarme valores, por su sacrificio y esfuerzo absoluto, por creer en mis capacidades para superarme día a día, y ser la fuerza necesaria para cumplir mis metas, siempre guiándome, compartiendo enseñanzas, consejos, comprensión, paciencia y cariño incondicional.

A mis hermanos Gabriela, Mayra y Diego, por sus palabras de aliento en aquellos momentos difíciles, por motivarme y ser la inspiración necesaria para sobrellevar cada etapa de mi vida, instaurando en mi la responsabilidad y deseos de superación a pesar de la distancia.

A mi familia, por creer en mí y ser la base fundamental de mi vida, quienes se mantuvieron constantes a mi lado hasta que este sueño se hiciera realidad.

Thalía del Rosio

Agradecimiento

Expreso mi sincero agradecimiento a la Universidad Nacional de Loja, al Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, a la Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia, por brindarme la oportunidad de cursar mis estudios superiores, a la vez agradezco a mis distinguidos docentes, Dr. Rodrigo Abad, Dr. Galo Escudero, Dr. Luis Aguirre, Ing. Beatriz Guerrero por su apoyo incondicional en la realización de este trabajo; sobre todo a aquellos maestros que tuve la fortuna de conocer y que día a día compartieron sus experiencias, valores, consejos, paciencia, tolerancia, ética profesional y conocimientos invaluable durante mi preparación académica para mi formación personal y profesional.

De manera especial a la Dra. Rocío Herrera, directora de este Trabajo de Titulación, por haberme dado la oportunidad de participar en esta investigación, por su acertada dirección científica y guiarme con sus conocimientos para la realización de este trabajo.

Agradezco infinitamente a mi familia, por su apoyo permanente y brindarme las posibilidades necesarias para superarme y ser los promotores de mis sueños para construir mis metas y propósitos.

Thalía del Rosio

Índice de Contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de Tablas:.....	x
Índice de Figuras:	xi
Índice de Anexos:	xii
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
4.1.1. Generalidades	6
4.1.2. Importancia.....	6
4.2. Clasificación Zoológica.....	7
4.3. Morfofisiología del Cuy	7
4.3.1. Alimentación y nutrición del cuy	7
4.3.2. Producción de cuy en el Ecuador	8
4.3.3. Anatomía y fisiología digestiva del cuy	8
4.3.4. Actividad cecotrófica	10
4.4. Requerimientos Nutricionales del Cuy.....	10
4.4.1. Necesidad de proteína y energía.....	11

4.4.2.	Necesidad de fibra.....	12
4.4.3.	Necesidad de grasa.....	13
4.4.4.	Necesidad de agua.....	13
4.4.5.	Necesidad de minerales.....	13
4.4.6.	Necesidad de vitaminas.....	14
4.5.	Maralfalfa (<i>Pennisetum</i> spp.).....	14
4.5.1.	Características taxonómicas.....	14
4.5.2.	Características generales.....	15
4.5.3.	Calidad nutricional del forraje maralfalfa.....	15
4.6.	Digestibilidad.....	17
4.6.1.	Tipos de digestibilidad.....	17
4.6.2.	Expresión de la digestibilidad.....	18
4.7.	Métodos Gravimétricos para la Evaluación de Nutrientes.....	18
4.7.1.	Determinación de la materia seca (MS).....	18
4.7.2.	Determinación de ceniza (Cz).....	18
4.7.3.	Determinación de proteína cruda (PC).....	19
4.7.4.	Determinación de fibra cruda (FC).....	20
4.7.5.	Determinación de grasa cruda (GC).....	20
5.	Metodología.....	22
5.1.	Área de Estudio.....	22
5.2.	Procedimiento.....	22
5.2.1.	Animales e instalaciones.....	22
5.2.2.	Dietas experimentales.....	22
5.2.3.	Diseño experimental.....	24
5.2.4.	Desarrollo del experimento.....	24
5.2.5.	Variables evaluadas.....	24
5.3.	Procesamiento y Análisis de Datos.....	25

5.4. Consideraciones Éticas	25
6. Resultados	26
6.1. Composición Química de las Dietas y Heces	26
6.2. Análisis de Digestibilidad.....	27
6.2.1. Digestibilidad de materia seca (DMS)	28
6.2.2. Digestibilidad de materia orgánica (DMO)	28
6.2.3. Digestibilidad de fibra cruda (DFC)	29
6.2.4. Digestibilidad de proteína cruda (DPC).....	29
6.2.5. Digestibilidad de extracto etéreo (DEE)	29
7. Discusión	31
7.1. Digestibilidad de materia seca (DMS) y materia orgánica (DMO).....	31
7.2. Digestibilidad de fibra cruda (DFC).....	31
7.3. Digestibilidad de proteína cruda (DPC)	32
7.4. Digestibilidad de extracto etéreo (DEE).....	32
7.5. Digestibilidad de nutrientes considerando el sexo	33
8. Conclusiones	34
9. Recomendaciones	35
10. Bibliografía	36
11. Anexos	47

Índice de Tablas:

Tabla 1. Clasificación zoológica del cuy (<i>Cavia porcellus</i>).	7
Tabla 2. Requerimientos para cubrir necesidades alimentarias del cuy en sus diferentes etapas de vida.	10
Tabla 3. Requerimientos nutritivos para cuyes según su etapa de vida.	11
Tabla 4. Clasificación taxonómica del forraje maralfalfa (<i>Pennisetum</i> spp.).	15
Tabla 5. Contenido nutricional del pasto maralfalfa (<i>Pennisetum</i> spp.).	15
Tabla 6. Composición de las dietas experimentales para cuyes (diferentes niveles de inclusión de maralfalfa).	23
Tabla 7. Análisis de la composición química de las dietas (%).	26
Tabla 8. Análisis de la composición química de las heces (%).	26
Tabla 9. Análisis del coeficiente de digestibilidad <i>in vivo</i> de nutrientes (%).	27

Índice de Figuras:

Figura 1. Efecto de la inclusión de niveles de maralfalfa sobre la DMS.	28
Figura 2. Efecto de la inclusión de niveles de maralfalfa sobre la DMO.	28
Figura 3. Efecto de la inclusión de niveles de maralfalfa sobre la DFC.	29
Figura 4. Efecto de la inclusión de niveles de maralfalfa sobre la DPC.	29
Figura 5. Efecto de la inclusión de niveles de maralfalfa sobre la DEE.	30
Figura 6. Fabricación de las dietas experimentales.	47
Figura 7. Jaula metabólica.	47
Figura 8. Adecuación de las instalaciones.	48
Figura 9. Pesaje del cuy y periodo de adaptación.	48
Figura 10. Suministro de alimento y agua a los animales.	49
Figura 11. Colecta y pesaje de heces.	49
Figura 12. Análisis químico de materia seca.	50
Figura 13. Análisis químico de proteína cruda.	50
Figura 14. Análisis químico de fibra cruda y extracto etéreo.	50

Índice de Anexos:

Anexo 1. Evidencias fotográficas del trabajo de campo.....	47
Anexo 2. Evidencias fotográficas del análisis de la composición química del alimento y las excretas.	50
Anexo 3. Certificado de traducción en inglés.	51

1. Título

DIGESTIBILIDAD IN VIVO DE DIETAS EN CUYES (*Cavia porcellus*) CON LA INCLUSIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE MARALFALFA (*Pennisetum spp.*)

2. Resumen

El coeficiente de digestibilidad permite medir la proporción de nutrientes disponibles para la absorción. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la digestibilidad *in vivo* de nutrientes, con la inclusión de diferentes niveles de maralfalfa (*Pennisetum* spp.) en dietas para cuyes. Para ello, se manejaron 40 cobayos hembras y machos tipo A1 de 83 días de edad con un peso promedio de 1090g, ubicados aleatoriamente en jaulas metabólicas individuales de 51x42x26cm. Se aplicó un diseño completamente al azar. Se formularon dietas con cuatro niveles de inclusión del pasto (0, 2, 16 y 31%) adicionando vitamina C (400mg/kg), suministradas con un periodo de adaptación de cinco días para el ajuste de los cuyes, tanto a las instalaciones como a las dietas, y dentro de cuatro días siguientes se colectó heces, se registró el peso de animales y excretas, midiendo diariamente el consumo de alimento. Las dietas y heces colectadas se analizaron mediante los protocolos AOAC. Los datos se procesaron mediante el paquete estadístico SAS. Se determinó el coeficiente de digestibilidad *in vivo* de materia seca, materia orgánica, proteína cruda, fibra cruda y extracto etéreo. Existió diferencia estadística ($p < 0,005$) entre los niveles de inclusión del forraje y el sexo. No se evidencia interacción ($p = 0,552$) entre el nivel de inclusión y el sexo. La inclusión de niveles de maralfalfa hasta 2% en la dieta de cuyes presentaron altos coeficientes de DMO, DPC y DEE; y niveles altos de inclusión del forraje disminuyeron la DFC y DMS. Se evidenció mayor digestibilidad en hembras. Se concluye que la inclusión de bajos niveles de fuente de forraje en las raciones alimenticias para cuyes, favorece la digestibilidad de nutrientes; siendo recomendable evaluar la calidad nutritiva de los insumos a usarse considerando el sexo, para la formulación de dietas resultando en una máxima productividad.

Palabras claves: dietas en cuyes, morfofisiología del cuy, maralfalfa, fibra, coeficiente de digestibilidad.

2.1. Abstract

The digestibility coefficient allows measuring the proportion of nutrients available for absorption. The objective of this study was to evaluate the effect of *in vivo* digestibility of nutrients, with the inclusion of different levels of maralfalfa (*Pennisetum* spp.) in diets for guinea pigs. For this, 40 type A1 female and male guinea pigs of 83 days of age with an average weight of 1100g were managed, randomly located in individual metabolic cages of 51x42x26cm. A completely randomized design was applied. Diets were formulated with four levels of grass inclusion (0, 2, 16 and 31%) adding vitamin C (400mg/kg), supplied with an adaptation period of five days for the adjustment of the guinea pigs, both to the facilities and to the to the diets, and within the following four days feces were collected, the weight of animals and excreta were recorded, measuring daily food consumption. The diets and feces collected were analyzed using the AOAC protocols. The data was processed using the SAS statistical package. The *in vivo* digestibility coefficient of dry matter, organic matter, crude protein, crude fiber and ether extract was determined. There was a statistical difference ($p < 0.005$) between the levels of inclusion of forage and sex. There was no evidence of interaction ($p = 0.552$) between the level of inclusion and sex. The inclusion of levels of maralfalfa up to 2% in the diet of guinea pigs presented high coefficients of BMD, DPC and DEE; and high levels of forage inclusion decreased the DFC and DMS. Higher digestibility was evidenced in females. It is concluded that the inclusion of low levels of forage source in the food rations for guinea pigs favors the digestibility of nutrients, it is advisable to evaluate the nutritional quality of the inputs to be used considering the sex, for the formulation of diets resulting in maximum productivity.

Key words: guinea pig diets, guinea pig morpho physiology, maralfalfa, fiber, digestibility coefficient.

3. Introducción

El cuy (*Cavia porcellus*) es un mamífero originario de los Andes Sudamericanos, la crianza y producción de esta especie se encuentra ampliamente distribuida en el ámbito rural de la Región Sierra del Ecuador, constituyéndose en una excelente alternativa para diversificar la dieta y formar parte importante dentro de la economía y seguridad alimentaria de la población (Sánchez et al., 2009).

La nutrición y alimentación juegan un rol importante y representan alrededor del 70% del rubro de producción total, la mayor parte de materias primas de origen proteico, energético y fibroso para la formulación de raciones se basa en productos importados, lo que incrementa el costo de las dietas (Selva, 2017). El desconocimiento por parte de los productores de los requerimientos nutricionales de acuerdo a la etapa fisiológica del cuy, así como, el deficiente manejo en la calidad y cantidad de los alimentos suministrados ha conllevado a que se generen bajos parámetros en la producción de cuyes, por otro lado, el desconocimiento de las características nutricionales de especies forrajeras como gramíneas y leguminosas, y el porcentaje de aprovechamiento de sus nutrientes hasta la actualidad, no han permitido ser incorporados como fuentes alternativas para la formulación de raciones alimenticias pese al volúmen de biomasa forrajero (Ramírez, 2003).

El cuy por su característica anatómica gastrointestinal es clasificado como un fermentador postgástrico, mantiene un proceso de fisiología digestiva enzimática y bacteriana debido al ciego funcional que posee, donde su mayor o menor actividad dependerá de la composición de la ración (Reid y Mickelsen, 1963). El uso de recursos forrajeros en dietas para esta especie influye en el proceso digestivo, aprovechamiento de nutrientes y eficiencia biológica (Sánchez et al., 2012), debido a que, su fisiología digestiva permite asimilar eficazmente fibra y materia orgánica, obteniendo productos finales como ácidos orgánicos que contribuirán a las rutas metabólicas (Meza et al., 2014); por consiguiente, la digestibilidad *in vivo* constituye uno de los factores más importantes para evaluar los nutrientes que son asimilados de acuerdo al alimento consumido (Meza et al., 2018).

El forraje maralfalfa (*Pennisetum* spp.) es una gramínea con buena producción de biomasa, alto contenido de carbohidratos (azúcares) y fibra, así como un aceptable contenido de proteína y puede llegar a alcanzar una digestibilidad entre 55 a 70% en monogástricos (Viloria, 2019); es así que Rueda (2022), señala que este forraje de acuerdo a su composición química constituye un recurso alimenticio apto para la formulación de dietas para cuyes, sin embargo, los escasos datos sobre coeficientes de digestibilidad de este recurso forrajero conllevó

a valorar diferentes niveles de inclusión en las dietas de cuyes, por lo cual, en la presente investigación se plantearon los siguientes objetivos:

- Determinar la inclusión de diferentes niveles de maralfalfa en la digestibilidad de materia seca y materia orgánica en las dietas de cuyes.
- Evaluar la inclusión de diferentes niveles de maralfalfa (*Pennisetum* spp.) sobre la digestibilidad de proteína cruda, fibra cruda y extracto etéreo en las dietas de cuyes.

4. Marco Teórico

4.1. El Cuy (*Cavia porcellus*)

4.1.1. Generalidades

Según Chauca (1994), líder del proyecto “Sistemas de producción familiar”, clasifica la crianza de cuyes en diferentes niveles de producción, a partir del desarrollo de la crianza de productores rurales, caracterizados por su función en el contexto de la unidad productiva. De acuerdo con Ortiz et al. (2021), la crianza de cuyes es mayoritariamente desarrollada bajo el sistema familiar y el sistema comercial.

Por otra parte, Castro (2016), considera que la cría de cuyes se desarrolla en diversos niveles; a nivel familiar da seguridad alimentaria y sostenibilidad a las actividades de pequeños productores, dependiendo en gran medida de la inversión y mano de obra, la crianza es empírica y predomina en comunidades rurales, los animales son alimentados a base de forraje, la cosecha y restos de comida, alojados en la cocina del hogar donde el calor protege a los animales de los cambios extremos de temperaturas característicos de la región andina, desarrollándose eficazmente la crianza de cuy de raza criolla.

El sistema de cría familiar-comercial mantiene una población no mayor de 500 cuyes, alimentados a base de subproductos agrícolas y pastos cultivados siendo complementado algunas veces con balanceados; mientras que, a nivel comercial la crianza de cuyes exige mayor eficiencia, control sanitario y alta tecnología, utilizando cuyes de líneas particulares, alojados en instalaciones diferentes con implementos apropiados para cada etapa productiva, manteniendo áreas de cultivo de forraje y alimento balanceado, asegurando la rentabilidad de los productores.

Además, Zaldívar (2017), manifiesta que “la crianza de cuyes se ha desarrollado eficientemente y ha dejado de ser una crianza poco convencional para constituirse en una gran alternativa de una especie productora de carne”, a través de, un proceso de investigación donde permitió el mejoramiento genético de la producción de carne de cuy.

4.1.2. Importancia

El cuy o cobayo es un animal perteneciente a los mamíferos caracterizado por su capacidad de adaptación a diversas condiciones climáticas, originario de América del Sur, distribuido ampliamente en países como Perú y Ecuador; mientras que en Colombia y Bolivia se distribuyen regionalmente (Chauca, 1997).

El cuy es un herbívoro de interés social y comercial, se caracteriza por tener un alto valor proteico, bajo nivel de grasa, aminoácidos esenciales, ácidos grasos esenciales, minerales

y vitaminas, su carne lo constituye como un alimento ancestral andino de excelente calidad nutritiva, que contribuye a la seguridad alimentaria de la población (Andrade et al., 2016).

La cría de cuyes ha experimentado un desarrollo notable, convirtiéndose en una fuente de excelente valor nutricional para los consumidores, especialmente por su alto contenido proteico, además cabe señalar que, desde épocas ancestrales en Colombia la carne de cuy ha sido un alimento importante para las sociedades altoandinas, en particular para los sectores de bajos recursos económicos (Ortiz et al., 2021).

De acuerdo con el reglamento Técnico Ecuatoriano descrito en INEN (2013), dentro del límite establecido en la norma NTE INEN 056, la carne de cuy se clasifica como tipo I por su contenido de grasa inferior al 15% y de proteína superior al 14%.

4.2. Clasificación Zoológica:

De acuerdo a Chauca (1997), se sitúa al cuy dentro de la siguiente clasificación zoológica (Tabla 1):

Tabla 1. Clasificación zoológica del cuy (*Cavia porcellus*).

Reino	Animal
Sub reino	Metazoario
Tipo y sub tipo	Cordado vertebrado
Clase	Mamífero (Mamalalia)
Sub clase	Placentario
Orden	Rodentia
Sub orden	Hystricomorpha
Familia	Cavidae
Género	Cavia
Especie	Cavia porcellus Linnaeus Cavia aperea aperea Erleben Cavia aperea Lichtenstein Cavia cutleri King Cavia cobaya

Fuente: (Chauca, 1997)

4.3. Morfofisiología del Cuy

4.3.1. Alimentación y nutrición del cuy

Costales y Lumiquinga (2012), afirman que la alimentación del cuy consiste en transportar nutrientes de los alimentos con el fin de obtener una eficiencia productiva

económica y nutricional, comprendiendo procesos de ingestión llevando el pasto, balanceado o agua al aparato digestivo por medio de la boca; así como, la digestión en función del aparato digestivo, una vez ingeridos los alimentos que posteriormente serán convertidos en nutrientes que después absorbe el organismo del animal; y la absorción dada por la distribución de nutrientes a través de las paredes del intestino que luego por medio de la sangre son transportados al organismo en general.

Por lo general, la alimentación del cuy debe estar basada en un forraje o alimentos que contengan vitaminas características de plantas verdes, además de ser necesario el consumo de MS, el cual está compuesto a base de granos o alimentos balanceados mixtos (Ramírez y Cárdenas, 2022). De acuerdo a esto, se han desarrollado diferentes sistemas de alimentación, considerando que actualmente los criadores están afrontando grandes dificultades por la reducción de la producción forrajera, por ello, implementan una alimentación mixta e integral (Bernal y Vázquez, 2021). Estos sistemas son definidos como la combinación de forraje y alimento balanceado, en donde el primer elemento cumple la función de brindar volumen, vitaminas y sales; mientras el segundo aporta proteínas y energía (Reynaga et al., 2020).

Según estudios de Salinas et al. (2020), consideran que, la producción a base de una alimentación exclusivamente forrajera contempla una demora de 15 días más, en comparación a una dieta mixta, de modo que, este déficit no solo afecta el crecimiento, sino, también influye al contenido de carcasa, siendo un componente de gran valor nutritivo para el consumo humano.

4.3.2. Producción de cuy en el Ecuador

En Ecuador la crianza y el consumo de carne de cuy es una actividad realizada por las familias de comunidades rurales predominantemente de la sierra ecuatoriana, el cuy se caracteriza por poseer un elevado contenido proteico y valor nutricional, su carne constituye una buena alternativa para incrementar los estándares de vida en la sociedad (Arcos et al., 2017).

En Ecuador existe un promedio de producción de 21 000 000 de cuyes al año los cuales son destinados a la venta, esto simboliza una producción de 14 300 toneladas de carne de cuy, sin embargo, no han sido suficientes para abastecer el mercado local, por lo que se ha recurrido a la importación de esta carne a otros países como Perú y Colombia (Paspuezán, 2019).

4.3.3. Anatomía y fisiología digestiva del cuy

La anatomía del cuy se caracteriza por poseer un cuerpo alargado y un sistema esquelético notable, llegando a alcanzar los 20 a 25cm de longitud corporal y un peso promedio entre los 700 a 1200g, así como, una carcasa entre 67% y 74%, características biométricas que llegan a su estado de maduración a las 12 semanas de edad (Rubio et al., 2018).

El aparato digestivo del cobayo consta de boca, lengua, glándulas salivales, faringe, esófago, estómago, páncreas, hígado (vesícula biliar), intestinos delgado, grueso, ciego, recto y ano; “el estómago del cuy secreta ácido clorhídrico, cuya función es disolver el bolo alimenticio convirtiéndolo en una solución denominada quimo”, donde, ocurre, la mayor parte de la digestión y absorción, principalmente en la secreción denominada duodeno (Vargas, 2011).

Mientras el quimo se transforma en quilo por acción de enzimas provenientes del páncreas (jugo pancreático) y por sales biliares del hígado que llegan con la bilis; además la secreción de la bilis ayuda a la digestión de las grasas y la secreción del jugo pancreático interviene en la digestión de las proteínas, carbohidratos y grasas, las moléculas de carbohidratos, proteínas y grasas son convertidas en monosacáridos, aminoácidos y ácidos grasos capaces de cruzar las células epiteliales del intestino y ser introducidas al torrente sanguíneo y a los vasos linfáticos (Richardson, 2000).

De acuerdo a esto, el sistema digestivo del cuy funciona a partir de dos tipos de digestión bastante significativos, una digestión enzimática que se desarrolla a nivel estomacal, y otra microbial a nivel del ciego, en donde, la mayor o menor actividad estará relacionada con el tipo de alimentación durante la crianza (Valverde et al., 2021).

La fisiología digestiva del cuy está directamente relacionada con la toma de nutrientes, llevándolos a lo largo del tracto digestivo conducidos a través del sistema circulatorio a cada una de las células de organismo, no obstante, al ser una especie herbívora mono gástrica tiene un estómago donde inicia su digestión enzimática y un ciego funcional donde realiza la fermentación bacteriana post gástrica debido a los microorganismos que posee, pero además, ésta especie realiza también cecotrofia para reutilizar el nitrógeno proteico y no proteico que no alcanzó a ser digerido en el intestino delgado (López, 2013).

En el intestino delgado la absorción es limitada, “sin embargo, se absorben moderadas cantidades de agua, sodio, vitaminas y algunos productos de la digestión microbiana” (Rico, 2012). Una vez que la digesta ha pasado por el intestino delgado absorbiéndose la mayor parte de los nutrientes, ésta llega al ciego cuyo órgano colonizado por microorganismos es capaz de degradar la fibra del alimento, donde la fibra es separada mecánicamente según su tamaño por el peristaltismo en el ciego para solamente degradarse la fibra corta (<0,3mm), mientras que la fibra larga (>0,3mm) es expulsada, estas partículas largas de fibra se excretan mayormente en la noche (heces duras) con elevada cantidad de fibra y escasa proteína (Arce, 2016).

Cheeke (1987), revela que el alimento fermentado por acción microbiana a través de la celulosa almacenada que se detuvo en el ciego llamado contenido cecal, es expulsado comúnmente por la mañana, tomando el nombre de cecotrofo (heces blandas), el cuy lo

consume directamente desde el ano antes de que caiga al suelo optando una postura encorvada dando como resultado un mejor aprovechamiento del contenido de fibra.

El uso de fibra en los piensos llega a provocar modificaciones en la morfología intestinal de animales monogástricos y, por tanto, estudios previos con esta especie demuestran que la cantidad y composición físico-química de la fibra puede influir en el desarrollo del aparato digestivo (Gidenne, 2015).

4.3.4. Actividad cecotrófica

El cuy realiza cecotrofia, ésta es una estrategia digestiva que permite reaprovechar el alimento digiriéndolo dos veces produciendo dos tipos de excretas, una rica en nitrógeno que será reutilizada denominándose actividad cecotrófica y otra que se elimina como excretas duras o sólidas, de modo que, el cuy ejecuta la cecotrofia con el fin de reutilizar nitrógeno, lo que permite un buen comportamiento productivo cuando los animales son alimentados con raciones en niveles bajos o medios de proteína, o a su vez, siendo considerado como un mecanismo compensatorio cuando existe escasa disponibilidad de pastura y no puede llegar a ser complementada con alimentos balanceados (Chauca, 2015).

4.4. Requerimientos Nutricionales del Cuy

Según Chauca (1997), la nutrición juega un rol importante en toda explotación pecuaria, ya que, el correcto suministro de nutrientes permitirá elaborar raciones balanceadas que logren satisfacer las necesidades de mantenimiento, crecimiento y producción, de acuerdo a su edad, estado fisiológico, genotipo y medio ambiente; intensificando su crianza de tal modo que se aproveche su precocidad, prolificidad y habilidad reproductiva, lo cual conlleva a mejorar la producción en una explotación pecuaria.

En la Tabla 2 se presenta los requerimientos para cubrir las necesidades alimentarias del cuy en sus diferentes etapas de vida de acuerdo al uso de forraje y concentrado.

Tabla 2. Requerimientos para cubrir necesidades alimentarias del cuy en sus diferentes etapas de vida.

Edad	Forraje (g)	Concentrado (g)
Lactante	100 a 200	10
Destetado	200 a 300	20
Crecimiento	80 a 100 a la 4ta semana	30
	120 a 160 a la 8va semana	
Adulto	300 a 400	30

Fuente: (NRC, Mineral Tolerance of Animals, 2005).

El valor nutricional de los forrajes determina su capacidad para proporcionar nutrientes necesarios para cuyes y se debe tener en cuenta la cantidad de raciones adecuadas que se va a suministrar a los animales, el forraje es la base de la dieta y se puede considerar el uso de estos, con el fin de mejorar la palatabilidad, siendo especies altamente nutritivas y de fácil manejo para pequeños o medianos productores (Sotelo et al., 2018).

Al igual que otros monogástricos, los nutrientes requeridos por cobayos son: fibra, energía, agua, proteína (aminoácidos), ácidos grasos esenciales, minerales y vitaminas, estos requerimientos dependen de la edad, estado fisiológico, genotipo y medio ambiente donde se desarrolle su crianza (Paillacho, 2017).

En la Tabla 3 se presenta el promedio de porcentajes de los requerimientos nutritivos establecidos para cuyes según la etapa de vida que atraviesa.

Tabla 3. Requerimientos nutritivos para cuyes según su etapa de vida.

Nutrientes	Unidad	Etapa de vida			
		Gestación	Lactancia	Crecimiento	Engorde
Proteína	%	18	18-22	13-17	15-17
Energía	kcal/kg	2800	3000	2800	2800
Fibra	%	8-17	8-17	10	4-8
Calcio	%	1,4	1,4	0,8-1,0	0,8-1,0
Fósforo	%	0,8	0,8	0,4-0,7	0,4-0,7
Magnesio	%	0,1-0,3	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	0,5-1,4
Vitamina C	Mg	200	200	200	200

Fuente: (Revollo, 2010)

4.4.1. Necesidad de proteína y energía

Las proteína y energía constituyen los principales componentes en la alimentación, por la presencia de aminoácidos esenciales que deben suministrarse para formar masa muscular, la formación de cada uno de los tejidos del organismo requiere de su aporte, dependiendo más de la calidad que de la cantidad que se ingiere, el suministro inadecuado de proteína tiene como consecuencia un menor peso al nacimiento, escaso crecimiento, baja en la producción de leche, baja fertilidad y menor eficiencia de utilización del alimento (Tarrillo et al., 2018).

Castro y Chirinos (1994), indican que de los 20 a 22 aminoácidos que forman las proteínas alrededor de 10 son esenciales y deben ser incluidos en la dieta, pues el animal no los puede sintetizar en las proporciones que los requiere, o simplemente no los sintetiza. De tal modo, se debe considerar la proveniencia del contenido de aminoácidos que se vaya a añadir

en las dietas para cuyes, por ejemplo, al integrar soya en la alimentación de estos animales, esta materia prima resulta limitante en triptófano y metionina y debido a ello, es conveniente agregar un 0,16 a 0,20% y 0,10% a 0,22% a la dieta respectivamente (Navia y Hunt, 1976).

Chauca (1997), menciona que los carbohidratos, lípidos y proteínas proveen de energía al animal, siendo los más aprovechables los carbohidratos fibrosos y no fibrosos contenidos en los alimentos de origen vegetal. Con respecto al consumo de proteína, Jara et al., (2008), mencionan que niveles de 16% de proteína en la dieta logran incrementos de peso admisibles. Sin embargo, Chauca et al., (1994) al evaluar diferentes niveles de proteína añadidos a la dieta para cuyes en etapa de cebo, encontró que el porcentaje de 18% de proteína favoreció de mejor manera el incremento de peso y conversión alimenticia en cuyes en esta etapa de vida.

Costales y Llumiquinga (2012), indican que la energía es esencial para todos los procesos fisiológicos, a través de, la transformación de la proteína del forraje en proteína asimilable por el organismo del animal, en tal caso, si existe un exceso de consumo de energía en el animal se depositará como grasa impidiendo el desempeño reproductivo.

Según el NRC (1995), los requerimientos de energía para cuyes se establecen en 3,0Mcal ED/kg; no obstante, resultados de investigaciones realizadas por Airahuacho y Vergara (2017), mencionan que, sería adecuado contar con alrededor de 2,90 y 2,86Mcal ED/kg para las etapas de crecimiento, engorde, gestación y lactación para cuyes.

4.4.2. Necesidad de fibra

El aporte de fibra corresponde al uso de forrajes como fuente esencial en la alimentación de monogástricos como el cuy y debe consumir fibra para contribuir con el funcionamiento normal del aparato digestivo y mejor aprovechamiento de nutrientes; la estrategia digestiva de los coprófagos es realizar mecanismos de separación, debido a que seleccionan fracciones más fibrosas que los conejos, así como también, mayor digestibilidad de la fibra detergente neutro y similar tiempo de retención de partículas, pero un menor tiempo de retención de solutos y además una mayor capacidad de llenado de materia seca que los conejos (Franz et al., 2011).

Los porcentajes de fibra recomendados para la alimentación de cuyes se encuentran entre 5 a 18% (Chauca, 1997). La fibra soluble en el tracto digestivo brinda gran capacidad de incrementar la viscosidad digestiva intestinal y fácil fermentación; a través de, una lenta velocidad de tránsito intestinal, influyendo en una reducción del consumo y disminuyendo el contenido de la materia seca de las heces, de modo que, al tener menor velocidad de tránsito permite el desarrollo de la población microbiana intestinal (Rodríguez et al., 1998).

4.4.3. Necesidad de grasa

Las grasas son fuentes de calor y energía, su carencia genera retardo de crecimiento y enfermedades como dermatitis, úlceras en la piel y anemias (Bonilla, 2013). En estudios de Moscoso et al., (2019), utilizando diferentes fuentes de lípidos en la dieta de cuyes determinaron que, el perfil de ácidos grasos dietarios influye sobre el tipo de ácidos grasos depositados en el tejido adiposo, sin afectar el rendimiento productivo, favoreciendo el incremento en el perfil de ácidos grasos poliinsaturados omega 3 y omega 6 durante la etapa de crecimiento por inclusión de aceite de soya en comparación con la manteca de cerdo o sebo vacuno.

4.4.4. Necesidad de agua

El agua está indudablemente entre los elementos más importantes que debe considerarse en la nutrición, constituyendo el 60 a 70% del organismo animal, actuando como componente de tejidos corporales, solvente y transportador de nutrientes (Aliaga, 2009). El animal obtiene el agua de acuerdo a su necesidad mediante tres fuentes: el agua de bebida, el agua contenida como humedad en los alimentos, y el agua metabólica que se produce del metabolismo por oxidación de los nutrientes orgánicos que contienen hidrógeno (Chauca, 1997).

El consumo de agua dependerá de la época del año, de manera que, si son época cálidas, el cuy necesita de mayor cantidad de agua, mientras que, si son épocas frías, el cuy solamente consume forraje pudiendo suplir sus necesidades en un alto porcentaje; aunque también dependerá de la alimentación, ya que, con una dieta mixta (forraje más concentrado) el cuy necesita consumir hasta un 10% de su peso vivo, incluso esto puede incrementarse hasta 20% con una mínima cantidad de forraje, y en temperaturas superiores a los 20°C (Caycedo, 2000).

4.4.5. Necesidad de minerales

Los elementos minerales se encuentran en el cuerpo del animal cumpliendo varias funciones estructurales y fisiológicas, las cuales se almacenan en huesos, músculos y otros tejidos, para que en casos de deficiencia cubran requerimientos de mantenimiento, crecimiento, producción y reproducción, aunque la mayoría se encuentran en cantidades suficientes en el forraje y concentrado (Aliaga, 2009).

Los minerales como calcio, fósforo, magnesio y potasio deben estar incluidos en las dietas de forma balanceada, sino ocasionan rigidez articular, crecimiento deficiente y elevada mortalidad (FAO, 2000). El requerimiento de calcio en cuyes se considera en un rango de 0,8 a 1% de la dieta; mientras que, el Mg, P y K se mantendrán a un nivel de 0,3-1,2%; 0,4% y 0,4-0,5% respectivamente, excesos de fósforo causan calcificación de los tejidos blandos y el Mg, K y Na reducen dichas lesiones al aumentar sus niveles (Morris y O'Dell, 1963).

4.4.6. Necesidad de vitaminas

Las vitaminas son compuestos orgánicos esenciales requeridos para el mantenimiento de la salud, crecimiento y reproducción (Aliaga, 2009). Los forrajes aportan considerables cantidades de vitaminas liposolubles, tales como la A, D y E; en dietas mixtas de forraje y en concentrado es conveniente garantizar su consumo para evitar deficiencias; por otro lado, la flora microbiana a nivel del ciego sintetiza las vitaminas del complejo B, la vitamina B12 u otras que el animal aprovecha en el proceso de cecotrofia (Caycedo, 2000).

Las vitaminas juegan un papel importante dentro de la alimentación de cobayos, por ello, se considera un nivel entre 6,6 y 9,9mg/kg de vitamina A; necesidad de vitamina D en la dieta para estos animales entre 1000 y 2000UI/kg y de vitamina E entre 1,5 y 6mg/animal en la ración alimenticia (Navia & Hunt, 1976).

La vitamina C no es sintetizada por el organismo del cuy debido a la deficiencia genética de la enzima L-gulonolactona oxidasa a partir de la glucosa; según su propiedad química para oxidarse, actúa en la respiración celular como transportador de hidrógeno estando relacionado con la formación de colágeno que ayuda a mantener unidas las células de los tejidos, protege al organismo de sustancias tóxicas y regulan al ritmo del metabolismo en las células; por tanto, una alimentación balanceada debe considerar dietas que contengan vitamina C entre 10 a 30mg/animal/día (Aliaga, 2009).

4.5. Maralfalfa (*Pennisetum spp.*)

Este forraje de clima tropical y subtropical húmedo, perenne y de alto rendimiento, ha sido introducido en Latinoamérica, por su potencial uso como especie forrajera (Clavero y Razz, 2009). Debido a ello, ha aumentado el interés por conocer su valor nutricional y sus aplicaciones en la alimentación animal, Luna et al., (2015), determina que el mayor valor nutritivo se presentó a los 60 a 75 días, observando un rendimiento de 8,08tMS/ha/corte a los 60 días de rebrote, coincidiendo con los resultados encontrados por Maldonado et al., (2021), reportando a la misma edad un rendimiento nutritivo de 4,5tMS/ha/corte.

4.5.1. Características taxonómicas

Según estudios realizados por Luna et al., (2015), el forraje maralfalfa presenta la siguiente clasificación taxonómica (Tabla 4):

Tabla 4. Clasificación taxonómica del forraje maralfalfa (*Pennisetum* spp.).

Reino	Plantae
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Sub familia	Panicoideae
Tribu	Paniceae
Género	Pennisetum
Especie	Pennisetum spp o Pennisetum violaceum

Fuente: (Luna et al., 2015)

4.5.2. Características generales

Según Viloría (2019), la maralfalfa es un forraje perenne, cuyo origen es aún un misterio, esta especie crece erecta y puede medir hasta 2 metros de largo, además presenta una alta productividad; presenta tallos largos, delgados, sin vellos y superficiales formados por entrenudos que en su base son muy cortos y son más largos los de la parte superior; se puede establecer en suelos de media a alta fertilidad, pH 5,5 – 7,4; soporta alturas de 0 – 2600m.s.n.m (metros sobre el nivel del mar) y la sequía, temperaturas de 13 a 27°C y es moderadamente tolerante a la sombra, resiste precipitaciones anuales 1000 – 4000 mm.

4.5.3. Calidad nutricional del forraje maralfalfa

Asimismo, Viloría (2019), menciona que este forraje presenta un alto contenido de carbohidratos (azúcares), así como un eficiente contenido de proteína que oscila entre 8 a 16% y puede llegar a alcanzar una digestibilidad entre 55 a 70%. Rueda (2002), reporta un análisis químico, encontrando valores para humedad 79,33%, ceniza 13,50%, fibra 24-33%, grasa 2,10%, extracto libre de nitrógeno 12,20%, proteína 17,20% y calcio 0,80% para el análisis químico del forraje, buscando demostrar que el uso de nuevos recursos alimenticios contribuye a la formulación de dietas para cuyes, favoreciendo la calidad nutricional de la población.

La Tabla 5 muestra el contenido nutricional del pasto maralfalfa (*Pennisetum* spp.) con el fin de obtener su proporción química.

Tabla 5. Contenido nutricional del pasto maralfalfa (*Pennisetum* spp.).

Unidades	Porcentaje
Humedad	79,3
Cenizas	13,5
Fibra	53,3
Grasa	2,1
Carbohidratos solubles	12,2

Proteínas crudas	16,2
Nitrógeno	2,6
Calcio	0,8
Magnesio	0,3
Fósforo	0,3
Potasio	3,4
Proteínas digestibles	7,4
Total nitrógeno digestible	63,5

Fuente: (Viloria, 2019).

4.5.3.1. Materia seca (MS)

Según Andrade (2009), en el estudio de maralfalfa, reportó contenidos de materia seca entre 17,40% y 22,72%, a los 70 y 90 días de corte, respectivamente. Buelvas (2009), reportó valores de porcentaje de MS del forraje de 17,72%; 14,53%; 13,61% y 12,79%, a los 70, 60, 50 y 40 días de corte del pasto, respectivamente, existiendo diferencias estadísticas significativas ($p > 0.05$) entre estas. Por otro lado, Citalán et al., (2012) en su estudio reportaron contenidos de MS de 19,35 y 26,4%, a los 30 y 90 días de corte, respectivamente, mencionando que a medida que aumenta la edad aumenta el valor de la MS del forraje.

4.5.3.2. Ceniza (Cz)

Buelvas (2009), en su estudio del pasto maralfalfa reportó sus hallazgos de acuerdo a porcentajes de ceniza con tendencias decrecientes a través del tiempo, presentando valores de 20,05%; 18,68%; 17,63%; y 17,17% a los 40, 50, 60 y 70 días de rebrote, respectivamente. Mientras que, Molina (2005), en el análisis de esta especie, reportó valores de porcentaje de ceniza de 14,33%; 11,26%; y 9,44%, a los 35, 45 y a los 60 días de rebrote.

4.5.3.3. Proteína cruda (PC)

El contenido de proteína cruda de gramíneas tropicales tiene rangos que van desde 3 al 20% e inclusive en las plantas más jóvenes, dicho contenido disminuye a medida que aumenta la edad de la planta y en los pastos tropicales, el contenido de PC decrece más rápido que en los pastos de zonas templadas y bajo condiciones de tensión hídrica, disminuye más rápidamente que bajo un ambiente húmedo (Bogdan, 1997).

Estudios realizados en Colombia por Molina (2005), reporta niveles de PC para el forraje maralfalfa a los 35, 45 y 60 días de 12,46 10,80 y 7,12%, respectivamente. En un trabajo similar realizado en los bosques secos de Venezuela, Pinto (2006), reportó valores de PC de 14,67%; 9,87%; y 6,57% para los 30, 45 y 60 días de corte. Correa (2006), en su trabajo sobre

la caracterización nutricional del forraje en Colombia, obtuvo un promedio para la proteína cruda de 20,30% entre los días 40 y 110 de corte.

4.5.3.4. Fibra cruda (FC)

Andrade (2009) en su estudio de maralfalfa, determinó contenidos en fibra cruda de 42%; 18% y 44,03%, a los 70 y 90 días de corte del forraje. Mientras que, Hinojosa et al. (2014) en sus ensayos realizados con el mismo pasto, mencionan que, a mayor edad de corte, aumenta el porcentaje de fibra cruda, reportando valores de 34,5%; 32,7%; 29,6% y 27,1%, a los 70, 60, 45 y 30 días de corte, respectivamente. Por otro lado, Vásquez (2018) reportó eficientes valores de fibra a los 90 y 60 días de corte, de 42% y 35,70%.

4.6. Digestibilidad

Fernández (2019), define a la digestibilidad, como una forma de medir la capacidad de una especie para digerir y aprovechar un nutriente, es decir, representa la proporción de nutrientes disponibles para la absorción de los alimentos consumidos voluntariamente, influenciada por la presencia de su contenido bruto en la composición química de la dieta y el material excretado.

Asimismo, el coeficiente de digestibilidad de nutrientes puede estar determinado por la calidad y cantidad de alimento suministrado en la ración alimenticia, así como, por el grado de aprovechamiento de los nutrientes en el organismo de los animales (Zambrano, 2015).

La digestibilidad es uno de los factores más importantes para evaluar la calidad nutritiva de los distintos insumos destinados a usarse en las raciones para alimentar a los animales, indica el grado de disponibilidad de los nutrientes que van a ser aprovechados directamente por el organismo que lo ingiere, puesto que, una buena digestibilidad de la dieta resultará en una máxima productividad por parte del animal (Caprita et al., 2013).

4.6.1. Tipos de digestibilidad

Existen diferentes maneras de determinar la digestibilidad de los nutrientes, tales como: las pruebas de digestibilidad *in vivo*, *in situ* e *in vitro* (Shimada, 2015).

4.6.1.1. Digestibilidad *in vivo* (DIV)

Según Aduviri y Blair (2017), la medición de la digestibilidad *in vivo* se determina con animales vivos, en donde se evalúa la disgregación del alimento y sus componentes en la circulación del tracto digestivo, estableciendo la cantidad de alimento consumido y de heces excretadas por el cual, después de un período de adaptación del tratamiento a evaluar para que se ajuste a la microflora gastrointestinal, registrando el consumo de alimento y la recolección de heces en lo posible libre de contaminación de orina, pelos o alimento. En este método, el

estudio se concluye con el respectivo análisis en laboratorio de las muestras de alimento y heces secas molidas (Campos, 2003).

4.6.2. Expresión de la digestibilidad

4.6.2.1. Digestibilidad aparente (DA)

Se denomina DA cuando no se diferencia la fuente de los nutrientes que aparecen en las heces fecales, es decir, las heces contienen tanto el nitrógeno metabólico como el nitrógeno no digerido (Maynard y Loosli, 2017). Esta DA es evaluada a partir de la digesta ileal y/o heces, de modo que, con este método no se conoce la proporción de la proteína que proviene de la dieta o de la secreción de nitrógeno endógeno (NE), y solo permite asumir que cantidad del alimento fue asimilado por el animal; por tanto, las principales pérdidas de NE derivan de micro proteínas, enzimas pancreáticas e intestinales, saliva, secreciones biliares y gástricas, y células descamadas de la mucosa intestinal, así como de la proteína de origen bacteriano; sin embargo, los valores de DA son afectados por el nivel de PC en la dieta (Parra y Gómez, 2009).

4.7. Métodos Gravimétricos para la Evaluación de Nutrientes

4.7.1. Determinación de la materia seca (MS)

Para determinar la MS según Horwitz y Latimer (2005), se realiza el secado de la muestra a 65°C, al no eliminar el agua de muy baja presión de vapor presente en la muestra, es necesario someterla a temperatura más elevadas a 105°C, con vacío parcial, durante 8 horas hasta conseguir un peso constante; la pérdida de peso que aquí se obtiene, indica la humedad retenida por la muestra y relacionándola con la pérdida de peso obtenida por secado a 65°C, permite determinar el porcentaje total de humedad de la muestra, mediante la siguiente fórmula:

$$HT = HI - \frac{(100 - HI) * HH}{100}$$

Donde:

HT= Humedad total en porcentaje

HI= Humedad inicial en porcentaje

HH= Humedad higroscópica en porcentaje

4.7.2. Determinación de ceniza (Cz)

Las cenizas representan el contenido en minerales del alimento, se suponen menos del 5% de la materia seca de los alimentos, estas cenizas se determinan como el residuo que queda al quemar en la mufla los componentes orgánicos a 550°C durante 5h; donde el agua y los vapores son volatilizados y la materia orgánica es quemada en presencia de oxígeno en aire a CO₂ y óxidos de N₂ (Horwitz y Latimer, 2005). Tal como se muestra en la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de cenizas en base seca} = \frac{\text{Peso de cenizas}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

4.7.3. Determinación de proteína cruda (PC)

León (2020), en su Manual de Técnicas para el Análisis Bromatológico señala que, para la determinación analítica del contenido en proteína total, se determina de acuerdo a:

El contenido de nitrógeno (N) tras eliminar la MO con ácido sulfúrico (método de Kjeldahl), calculándose finalmente el contenido de proteína con ayuda de un factor (en general $f=6.25$). Se asume que el óxido de azufre (SO₃) que se forma durante el tratamiento a altas temperaturas se adiciona como ácido de Lewis al grupo NH del enlace peptídico (base de Lewis) de la proteína, formándose el correspondiente ácido amido sulfónico y posteriormente se transforma en sulfato amónico por degradación. El sulfato amónico se determina tras liberación del amoníaco (NH₃) y destilación, por medio de una valoración ácido-base.

En el método Kjeldahl no sólo se determinan proteínas o aminoácidos libres, sino también, ácidos nucleicos, sales de amonio y también nitrógeno ligado de compuestos orgánicos o vitaminas, el nitrógeno ligado orgánico se expresa como "nitrógeno total calculado como proteína o como "proteína total" (N x f).

La sustancia a investigar se somete a un tratamiento oxidativo con ácido sulfúrico concentrado en presencia de una mezcla catalizadora (las sales/óxidos metálicos sirven para el transporte de oxígeno con formación intermedia de oxígeno nascente; el sulfato potásico sirve para elevar el punto de ebullición, alcanzándose temperaturas de 300 a 400°C durante la digestión). Del sulfato amónico formado se libera el amoníaco por tratamiento alcalino y éste se transporta con ayuda de una destilación en corriente de vapor a un recipiente con ácido bórico y se realiza una titulación con una solución valorada de ácido sulfúrico. El contenido en proteína de la muestra se calcula teniendo en cuenta el contenido medio en nitrógeno de la proteína en cuestión, tal como lo indica la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Proteína total} = \frac{(VMuestra - VBlanco) \times N\acute{A}cido \times 1,4 \times F}{g \text{ muestra}}$$

Donde:

V Muestra = ml de ácido gastados en la valoración de la muestra

V Blanco = ml de ácido gastados en la valoración del blanco

N Ácido = normalidad del ácido sulfúrico 0,014 peso de nitrógeno (g)

F= factor de conversión de nitrógeno a proteína

g muestra = peso en gramos de la muestra

4.7.4. Determinación de fibra cruda (FC)

La FC es la pérdida de la calcinación del residuo seco después de la digestión de la muestra con soluciones de 1,25% (peso /volumen) de ácido sulfúrico (H₂SO₄) y 1,25% de hidróxido de sodio (NaOH) en condiciones específicas; este método es aplicable a los materiales de los que puede extraerse la grasa para obtener un residuo viable, incluidos granos, comidas, harinas, piensos, materiales fibrosos y alimentos para mascotas (León, 2020). Al efectuar la digestión ácida se disuelve parte de la hemicelulosa y al efectuar la digestión alcalina se disuelve parte de la lignina (Horwitz y Latimer, 2005).

4.7.5. Determinación de grasa cruda (GC)

León (2020), en su Manual de Técnicas para el Análisis Bromatológico señala que, este método es aplicado para el análisis de forrajes, granos de cereales, alimentos para animales, leche o productos lácteos, carnes, harina de pescado, o las semillas oleaginosas en concentraciones 0,5 a 100% de grasa.

Según Mena (2016), las grasas son compuestos orgánicos muy heterogéneos, pero que tienen en común la propiedad de ser solubles en algunas sustancias denominadas solventes orgánicos, como pueden ser éter etílico, éter de petróleo, hexano, etc., donde el análisis de grasa de la muestra debe poseer una granulometría adecuada, así mismo, es necesario un pretratamiento de la muestra a través de una hidrólisis (ácida o básica), debido principalmente a que los ácidos grasos están ligados a glicéridos, ésteres de esterol, glicol y fosfolípidos; la hidrólisis afecta a las paredes de la célula y desintegra las emulsiones de grasa (un aceite o grasa cruda se compone mayormente de triacilgliceroles, más de 95%, pequeñas cantidades de diacilgliceroles, monoacilgliceroles y ácidos grasos libres) y los enlaces de proteína y lípido. Para la extracción de grasa cruda se realiza el siguiente procedimiento:

Se toma el peso de un balón, previamente lavado y secado a 130°C por al menos 1h, se enciende el extractor de grasa y se abre el flujo de agua del condensador, se coloca los dedales de celulosa con la muestra en el sifón del Soxhlet, se añade el solvente en los balones (200ml), se arma el equipo encajando el balón con el sifón, y estos a su vez en el condensador.

La parte superior del condensador se tapona con desecante (sulfato sódico anhidro) envuelto en algodón para evitar la entrada y condensación de vapor de agua, comienza la extracción. Se verifica el rango de reflujo apropiado, después de un tiempo se retira los dedales y se destila la mayor cantidad de solvente posible hasta alcanzar sequedad aparente.

Se retiran los balones del extractor de grasa y se colocan 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 30min para eliminar los restos del solvente y la humedad residual existente. Se

lleva los balones con grasa al desecador, se enfrían hasta temperatura ambiente y se pesan. Este proceso se determina mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Grasa} = \frac{\text{peso del matraz con grasa} - \text{peso del matraz vacío}}{\text{peso de la muestra}} \times 100$$

5. Metodología

5.1. Área de Estudio

La presente investigación se desarrolló en el área de metabolismo del Centro de Investigación, Desarrollo e innovación de Nutrición Animal (CIDiNA), en los predios de la “Quinta Experimental Punzara” ubicada al sur oeste de la Ciudad de Loja, pertenecientes al Área Agropecuaria de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja (UNL), cuya ubicación geográfica de acuerdo a INAMHI (2013) se presenta entre las coordenadas:

- 04°02'11” de latitud sur
- 79°12'4” de latitud este
- Temperatura media de 15,8°C
- Precipitación anual de 1066 mm
- Humedad relativa media de 75%
- Formación ecológica: Bosque seco-montañoso bajo (Estación Meteorológica La Argelia, 2014)

5.2. Procedimiento

5.2.1. *Animales e instalaciones*

Para el desarrollo de la investigación se emplearon 40 cuyes adultos, de tipo A1 de 83 días de edad con peso promedio de 1100g. El 50% de los animales fueron machos y el 50% hembras, se alojaron aleatoriamente en jaulas metabólicas de malla galvanizada de 51x42x26cm, cada una con comedero y bebedero individual. Las instalaciones y materiales se desinfectaron con una solución amonio cuaternario (5ml por litro de agua) previo a la realización de esta investigación.

5.2.2. *Dietas experimentales*

Las dietas se formularon de acuerdo a los requerimientos nutricionales de NRC (1995) para cuyes. Se elaboraron cuatro dietas experimentales con diferentes niveles de inclusión de maralfalfa (Tabla 6) en porcentajes de 0, 2, 16 y 31% para los respectivos tratamientos.

Dentro de la formulación de estas raciones se consideró la utilización de ingredientes como fuente de fibra: maralfalfa, paja de arroz; otros alimentos como afrecho de trigo, grano de trigo, soya; aceite de palma, melaza, sal, L-lisina-HCl, DL-metionina, treonina, bicarbonato de sodio, premezcla, carbonato de calcio, fosfato monocalcico, y como aditivo Celmanax. Se aplicó a cada dieta post pellet 400mg/kg de vitamina C.

En la Tabla 6 se presenta los ingredientes y porcentajes de los componentes que se tomaron para la formulación de dietas experimentales.

Tabla 6. Composición de las dietas experimentales para cuyes con diferentes niveles de inclusión de forraje maralfalfa.

Ítem	Dietas experimentales			
	0%	2%	16%	31%
<i>Ingredientes</i>				
Afrecho de trigo	26,6	37,8	25,7	12,6
Trigo	27,9	12,2	6,12	0,00
Paja de arroz	19,9	19,9	19,9	19,9
Maralfalfa	0,00	2,00	16,0	31,0
Soya	14,2	13,7	17,8	22,2
Aceite de palma	3,28	6,66	6,67	6,66
Melaza	3,98	3,98	3,98	3,98
Sal	0,48	0,39	0,39	0,39
L-Lisina-HCL	0,32	0,32	0,27	0,21
DL-Metionina	0,13	0,13	0,14	0,14
Treonina	0,19	0,22	0,21	0,20
Bicarbonato de sodio	0,31	0,14	0,00	0,00
Premezcla vitamínica mineral ¹	0,19	0,19	0,19	0,19
Vitamina C	0,04	0,04	0,04	0,04
Carbonato de Ca	2,05	2,03	1,78	1,12
Fosfato monocálcico	0,00	0,00	0,00	0,43
Celmanax ²	0,10	0,10	0,10	0,10
<i>Composición química analizada, % MS</i>				
Materia seca	88,1	87,6	87,3	87,7
Ceniza	13,3	11,8	12,9	13,7
Proteína Cruda	18,0	17,4	17,2	18,1
Fibra Cruda	12,9	14,1	17,5	20,4
Extracto etéreo	6,05	8,77	9,13	7,74
<i>Composición química calculada</i>				
Energía digestible	2800	2800	2800	2800
FDN	28,0	32,0	36,0	40,0
Almidón	21,0	13,0	8,00	2,00
Lisina	0,80	0,80	0,80	0,80
Metionina	0,30	0,30	0,30	0,30

Treonina	0,60	0,60	0,60	0,60
Calcio	1,00	1,00	1,00	1,00
Fósforo total	0,40	0,50	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.

²Celmanax (*Saccharomyces cerevisiae*).

5.2.3. *Diseño experimental*

Se aplicó un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial, tomando como factores los diferentes niveles de inclusión de maralfalfa (dietas) 0, 2, 16 y 31%, y el sexo de los animales.

5.2.4. *Desarrollo del experimento*

Se aplicaron cuatro dietas con diferente inclusión de maralfalfa en porcentajes de 0, 2, 16 y 31% respectivamente. Los animales se sometieron a un periodo de adaptación de las dietas experimentales por el lapso de cinco días. Se suministró agua y alimento *ad libitum*, el consumo real de las dietas se cuantificó al final del experimento.

La colecta de las heces se realizó diariamente durante cuatro días, las cuales fueron pesadas individualmente en una balanza digital comercial (SB32001), cuyos datos fueron registrados y posteriormente las muestras fueron llevadas al laboratorio para el análisis de la composición química respectiva.

5.2.5. *Variables evaluadas*

5.2.5.1. *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), proteína cruda (2001.11), fibra cruda (962.09) y grasa (948.22).

5.2.5.2. *Digestibilidad in vivo de nutrientes*

Se calculó el coeficiente de digestibilidad *in vivo* (DIV) expresado en forma porcentual de materia seca, materia orgánica, fibra cruda, proteína cruda y extracto etéreo, aplicando la fórmula descrita por Crampton y Harris (1974):

$$Cd = \frac{CM - EM}{CM} \times 100$$

Donde:

Cd= Coeficiente de Digestibilidad

CM= Materia consumida

EM= Materia excretada

5.3. Procesamiento y Análisis de Datos

Se ejecutó el análisis de los resultados mediante un paquete estadístico SAS (Statistic Analysis Sistem, 2016) a través de un ANOVA, en donde los principales factores de variación fueron la dieta, el sexo y la interacción de estos dos factores. Las medias se compararon por medio de un t-test protegido. Los *p* valores <0,05 fueron considerados como significativos.

5.4. Consideraciones Éticas

Los animales adquiridos para este trabajo fueron criados y posteriormente sacrificados, de acuerdo con el ordenamiento de normas bioéticas internacionales de bienestar animal en el “Código Orgánico del Ambiente” (ROS No 983 Ecuador) para el cuidado y uso de los animales en investigación.

6. Resultados

6.1. Composición Química de las Dietas y Heces

En la tabla 7 y 8 se muestra el porcentaje de la composición química de las dietas y heces realizadas de acuerdo a los diferentes niveles de inclusión de maralfalfa (0, 2, 16 y 31%) en donde se evidencia los diferentes porcentajes obtenidos de materia seca, materia orgánica, proteína cruda, fibra cruda y extracto etéreo en base seca.

Tabla 7. Análisis de la composición química de las dietas (%).

Nivel de maralfalfa (%)	Composición química (%)				
	Materia seca	Materia orgánica	Proteína cruda	Fibra cruda	Extracto etéreo
0	88,1	86,7	18,1	13,0	6,05
2	87,6	88,1	17,5	14,2	8,80
16	87,3	87,0	17,2	17,6	9,13
31	87,7	86,3	18,2	20,5	7,74

Esta tabla muestra la composición química de las dietas formuladas y suministradas a los cuyes durante el desarrollo de la presente investigación, de acuerdo a los diferentes niveles de maralfalfa aplicada para la alimentación de los animales, encontrándose valores de MS (materia seca) entre 87,3 a 88,1%; MO (materia orgánica) entre 86,3 a 88,1%; PC (proteína cruda) entre 17,2 a 18,2%; el porcentaje de FC (fibra cruda) aumenta a medida que incrementa el nivel de maralfalfa en la dieta, de modo que, se presentan valores entre 13 a 20,5%; el porcentaje de EE se encuentra entre valores de 6,05 a 9,13%.

Tabla 8. Análisis de la composición química de las heces (%).

Nivel de maralfalfa (%)	Composición química (%)				
	Materia seca	Materia orgánica	Proteína cruda	Fibra cruda	Extracto etéreo
0	68,9	79,8	13,2	25,8	4,22
2	66,0	81,0	11,6	27,6	3,61
16	63,8	82,8	11,4	31,8	2,41
31	64,8	83,1	10,8	34,8	3,31

La presente tabla detalla la realización del análisis químico de las heces colectadas de los animales durante el progreso del trabajo de investigación, encontrándose valores de MS (materia seca) entre 63,8 a 68,9%; MO (materia orgánica) entre 79,8 a 83,1%; PC (proteína cruda) entre 17,2 a 18,2%; el porcentaje de FC (fibra cruda) aumenta a medida que incrementa el nivel de maralfalfa en la dieta, encontrándose valores entre 25,8 a 34,8%; el porcentaje de EE se encuentra entre valores de 2,41 a 4,22%, de acuerdo a los diferentes niveles de maralfalfa aplicada para los cuyes respectivamente.

6.2. Análisis de Digestibilidad

La tabla 9, refleja el análisis del porcentaje del coeficiente de digestibilidad de los cuyes obtenido de acuerdo a los diferentes niveles de inclusión de maralfalfa (0, 2, 16 y 31%) empleados en esta investigación en cuanto a materia seca, materia orgánica, proteína cruda, fibra cruda y extracto etéreo determinados en base seca.

Tabla 9. Análisis del coeficiente de digestibilidad *in vivo* de nutrientes (%).

Nivel de maralfalfa	Sexo	Digestibilidad (%)				
		MS	MO	PC	FC	EE
0		76,9 ^a	78,7 ^a	83,2 ^a	54,2 ^a	83,9 ^a
2		74,4 ^a	76,5 ^a	83,0 ^a	50,3 ^a	89,5 ^b
16		69,7 ^b	71,2 ^b	79,9 ^b	45,3 ^b	92,1 ^c
31		66,3 ^c	67,5 ^c	79,9 ^b	42,6 ^b	85,7 ^d
	Hembras	73,6	75,2	82,7	51,4	88,6
	Machos	70,0	71,8	80,3	44,8	87,1
EEM	Nivel	1,06	1,00	0,69	1,96	0,53
	Sexo	0,84	0,81	0,55	1,55	0,42
	N x S	1,54	1,46	1,02	2,85	0,77
P Valor	Nivel	<0,001	<0,001	0,002	0,001	<0,001
	Sexo	0,011	0,010	0,012	0,011	0,028
	N x S	0,325	0,286	0,511	0,465	0,552

MS (materia seca), MO (materia orgánica), PC (proteína cruda), FC (fibra cruda) y EE (extracto etéreo).

Se evidencia que existe diferencia estadística ($p < 0,001$) entre los niveles de inclusión de maralfalfa y el sexo ($p < 0,05$), observando un mayor coeficiente de digestibilidad en hembras y no existió interacción entre el nivel de inclusión del forraje y el sexo (Tabla 9).

6.2.1. Digestibilidad de materia seca (DMS)

La figura 1, muestra los porcentajes obtenidos de DMS de 76,9%; 74,4%; 69,7% y 66,3% manifestando diferencia estadística significativa ($p < 0,001$) entre niveles de mayor inclusión de maralfalfa, así como un menor coeficiente de digestibilidad respectivamente.

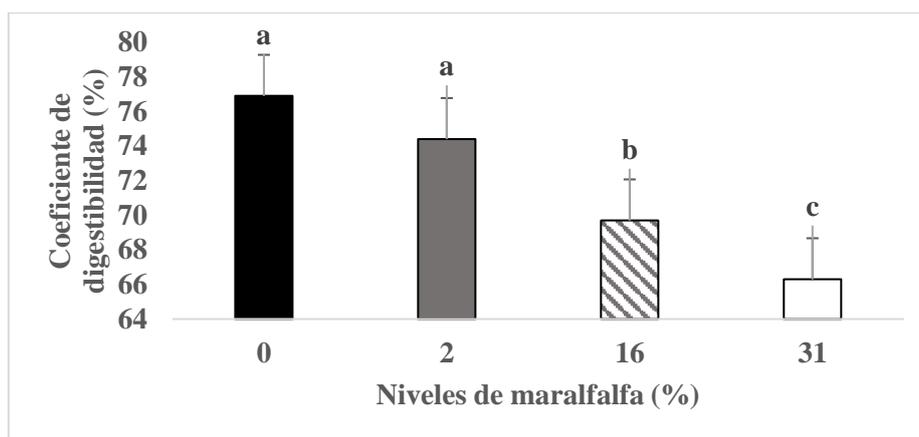


Figura 1. Efecto de la inclusión de niveles de maralfalfa sobre la DMS.

6.2.2. Digestibilidad de materia orgánica (DMO)

En la figura 2 se observa los valores obtenidos de DMO de 78,7%; 76,5%; 71,2% y 67,5%, diferencia estadística significativa ($p < 0,001$) entre los niveles de inclusión de maralfalfa y un mayor coeficiente de digestibilidad con hasta 2% de forraje añadido a la dieta.

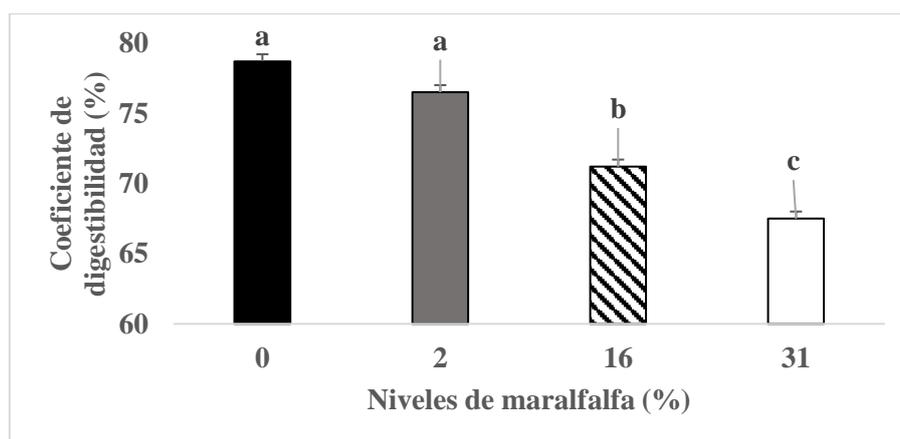


Figura 2. Efecto de la inclusión de niveles de maralfalfa sobre la DMO.

6.2.3. Digestibilidad de fibra cruda (DFC)

Los resultados obtenidos de DFC fueron de 54,2%; 50,3%; 45,3% y 42,6%, existiendo diferencia estadística significativa ($p < 0,001$) y mayor coeficiente de digestibilidad con nivel de hasta 2% de inclusión de maralfalfa, en relación a niveles de 16% y 31% (Figura 4).

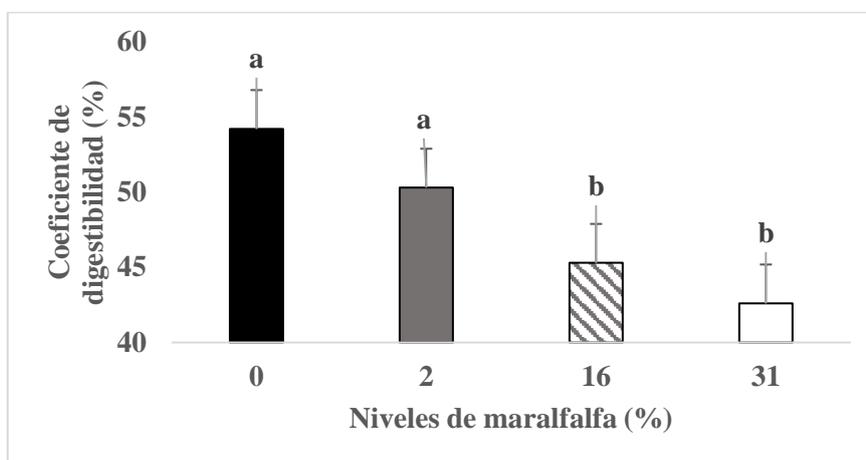


Figura 3. Efecto de la inclusión de niveles de maralfalfa sobre la DFC.

6.2.4. Digestibilidad de proteína cruda (DPC)

La figura 3 refleja los porcentajes obtenidos de DPC de 83,2%; 83%; 79,9% y 79,9%, estableciendo que existe diferencia estadística significativa ($p < 0,001$) y mayor coeficiente de digestibilidad con hasta 2% de inclusión de maralfalfa en relación a la inclusión de altos niveles de forraje en las dietas.

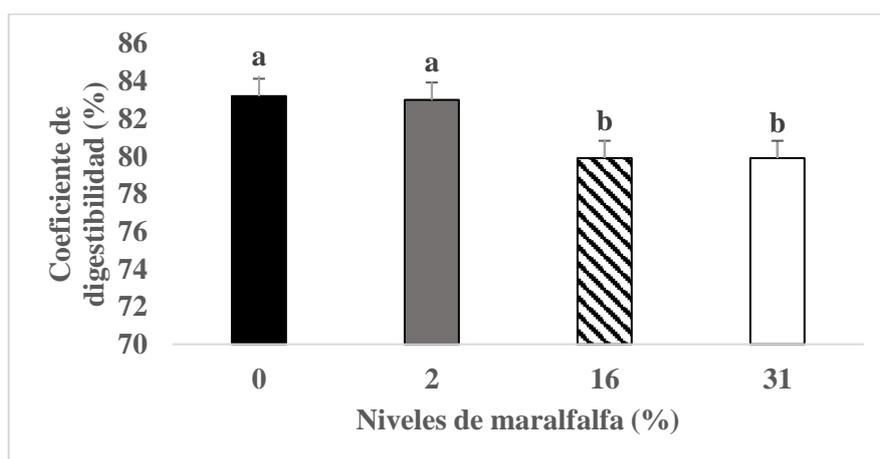


Figura 4. Efecto de la inclusión de niveles de maralfalfa sobre la DPC.

6.2.5. Digestibilidad de extracto etéreo (DEE)

La figura 4 revela los valores de DEE de 83,9%; 89,5%; 92,1% y 85,7% respectivamente, diferencia estadística significativa ($p < 0,001$) entre los diferentes niveles de

inclusión de maralfalfa en las dietas para cuyes, y a su vez, alta digestibilidad con la inclusión de 16% de forraje en la ración alimenticia.

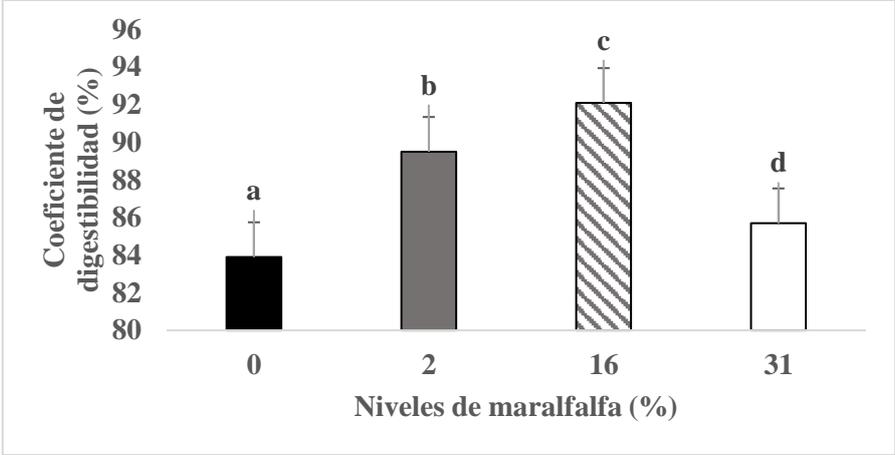


Figura 5. Efecto de la inclusión de niveles de maralfalfa sobre la DEE.

7. Discusión

7.1. Digestibilidad de materia seca (DMS) y materia orgánica (DMO)

La digestibilidad de materia seca y orgánica, proteína cruda y fibra cruda disminuyó a medida que incrementó la inclusión de maralfalfa, niveles del 2% de adición presentaron las mejores digestibilidades para MS con 76,9% y 74,4%; MO 78,7% y 76,5%, resultados que son superiores a los obtenidos por Yangua (2015), quien reporta DMS de 54,7% con forraje maralfalfa (*Pennisetum* sp.) en estado de pos-floración y al de Campos (2003), con ray grass italiano (*Lolium multiflorum*) de 66,3% como dieta única en cuyes. Por otro lado, estudios sobre digestibilidad aparente en cuyes reportados por Meza et al., (2012), con el suministro de forraje de botón de oro (*Tithonia diversifolia*) y cucarda (*Hibiscus rosa-sinensis*) muestran porcentajes de DMS de 62,69% y 62,73%, así como, DMO de 62,96% y 62,89%; valores que se aproximan a los publicados por Macancela et al., (2019); Castro y Chirinos (2021), quienes reportan DMO del pasto elefante morado (*Pennisetum purpureus*) y pasto brasilero (*Phalaris arundinacea*) de 59,3% y 65,55% según corresponde, pero que son inferiores a los obtenidos en el presente estudio con la inclusión de 16 y 31% de maralfalfa en la dieta.

Santana (2010), señala que la calidad de la materia seca de un forraje y la asimilación de los nutrientes contenidos en él, disminuye a medida que incrementa la edad del mismo, enunciado que es ratificado por, Aguirre (2008), Aliaga (2009) y Ribeiro et al., (2014), quienes mencionan que la DMS está relacionada con el tipo, estado fenológico de la especie forrajera; así como el porcentaje y forma de inclusión en las dietas.

7.2. Digestibilidad de fibra cruda (DFC)

La DFC expresa valores de 54,2 y 50,3% con niveles bajos de inclusion de pasto maralfalfa (2%) datos que son inferiores al obtenido por Yangua (2015), que reportan 67% DFC. Estudios de digestibilidad de gramíneas que se suministraron en cuyes como dietas únicas reportados por Campos,(2003) con ray grass italiano (*Lolium multiflorum*); (Meza et al., 2012) en morera (*Morus alba*); (Narváez y Delgado, 2012) con ray grass aubade (*Lolium multiflorum*) y (Alvarado, 2015) en pasto azul (*Dactylis glomerata*) alcanzaron porcentajes de 60,7%; 45,17%; 40,62% y 26,92% según corresponde, valores que se asemejan a los obtenidos en la presente investigación con la inclusion de niveles de 16 y 31%.

La proporción de cada nutriente digerido disminuye también a medida que el forraje se va haciendo más maduro, este decremento es consecuencia directa del empeoramiento cualitativo que sufre la materia seca con el aumento de la edad del forraje, debido entre otros

factores, al aumento de la fibra bruta por la lignificación progresiva de la pared celular y consigo la disminución de la digestibilidad (Santana, 2010).

Ly et al., (2013), Jumbo (2019) y Díaz (2021), mencionan que la digestibilidad de los alimentos de una ración mantiene una relación directa con el contenido de FC principalmente; y que el menor contenido de FC en la dieta, permite al cuy tener una buena digestión enzimática y fermentativa, capacidad de incrementar la viscosidad digestiva, lenta velocidad de tránsito intestinal, así como, el desarrollo efectivo de la población microbiana digestiva.

7.3. Digestibilidad de proteína cruda (DPC)

La DPC alcanzó porcentajes del 83%, resultados que son superiores a los obtenidos por Yangua (2015), quien reporta DPC de 43,8% con forraje maralfalfa (*Pennisetum* sp.) en estado de pos-floración; Castro et al., (2017) de 73,86% con totora (*Scirpus californicus*); como dieta única en cuyes. Angulo y Rosero (2018), manifiestan que un alto coeficiente de digestibilidad se debe al contenido de proteína en los forrajes, ya que un alto porcentaje de proteína está ligada a la fibra, sobresaltando su digestión y absorción al organismo animal. Así mismo, el desdoblamiento microbiano de la fibra está directamente relacionado con el contenido de proteína y energía (Narváez y Delgado, 2012). Esta digestibilidad será limitada por la conformación de la proteína, las proteasas atacan proteínas insolubles más lentamente que a las proteínas globulares solubles (González et al., 2007).

Una mejor digestibilidad de la proteína contribuye a una mayor elaboración de ácidos grasos de cadena corta ramificados en el organismo, por lo cual, aumenta el número de bacterias en el ciego, que ayudan a degradar la celulosa, lo que hace que la fibra sea mejor aprovechable por parte del cuy (Chisag, 2016).

7.4. Digestibilidad de extracto etéreo (DEE)

El mejor coeficiente de DEE fue el que se formuló con 16% de inclusión de maralfalfa por cuanto se determinó que los cuyes aprovecharon el 92,1% del extracto etéreo, siendo mayor a los obtenidos por Yangua (2015), con pasto maralfalfa (*Pennisetum* sp.) 60,2%; Clemente (2003), puya llatensis 49,6% y Chauca et al. (1978), harina de kudzú (*Pueraria phaseoloides*) de 23,91% como dieta única en cuyes. Razón por la cual, Crampton y, Harris (1974), determinan que la efectividad nutritiva del extracto etéreo depende naturalmente de la cantidad digerida del mismo, por ello, la digestión y absorción de lípidos de la dieta alimenticia es mayor gracias al contenido de ácidos grasos de cadenas cortas, mayor cantidad de ácidos grasos insaturados y triglicéridos.

En cuanto los forrajes son añadidos a la dieta alimenticia contienen un elevado valor nutricional y digestible de nutrientes, gracias a su gran aporte de aminoácidos esenciales, los cuales revelan una participación significativa del uso de la porción lipídica de estos forrajes en raciones alimenticias para cuyes (Meza et al., 2012). En cambio, cuando existe baja digestibilidad, esta puede deberse a que los forrajes tienen polímeros cerosos y suberina, los cuales no se absorben en el tracto gastrointestinal y dificultan la absorción de las grasas saturadas e insaturadas (Van Soest, 1993 y Figueiredo et al., 2019).

Diversos estudios muestran a la grasa como uno de los nutrientes cuyo valor como alimento animal presenta mayor variabilidad, el proceso de digestión y absorción de los lípidos se ve afectada por la edad de los animales, nivel de consumo por la cantidad de los lípidos que llegan al duodeno sobrepasando la limitada capacidad de producción biliar y enzimática intestinal, hecho que pudo ocurrir debido al elevado contenido de grasa en la dieta afectando su absorción, las características propias del lípido de longitud de la cadena del ácido graso, nivel de saturación o número de dobles enlaces, la presencia o ausencia de éster (triglicéridos o ácidos grasos libres), la relación entre ácidos grasos saturados e insaturados y la flora intestinal (Plascencia et al., 2005 y Tancharoenrat et al., 2013).

7.5. Digestibilidad de nutrientes considerando el sexo

En este trabajo de investigación se observó mayor digestibilidad de nutrientes en hembras, de acuerdo a lo mencionado por (Ayala, 2018). La variación de digestibilidad de nutrientes entre sexos se ve reflejada por el desarrollo corporal de los animales en relación a la individualidad genética y a su madurez sexual, lo cual expresa que, los machos presentan mejor comportamiento productivo pero las hembras expresan mayor coeficiente de digestibilidad.

Sosa (2006), en un estudio con suministro de maralfalfa (*Pennisetum* sp.) reportó un alto coeficiente de digestibilidad en hembras, dato que es similar al presente estudio pero que difieren con los obtenidos por Yangua (2015) y Meza et al., (2011), quienes señalan que en sus estudios el coeficiente de digestibilidad fue mayor para los machos con dietas a base de pasto maralfalfa (*Pennisetum* sp.) en post floración y forraje de botón de oro (*Tithonia diversifolia*), estos datos se respaldan en lo mencionado por Guerrero et al. (2011), quienes demostraron que esta respuesta está relacionada debido a que, los machos expresan su velocidad de crecimiento desde el nacimiento hasta los 91 días de edad y que con respecto a las hembras estos se desarrollan rápidamente debido a la producción de andrógenos en relación a los estrógenos sobre estimulación del crecimiento.

8. Conclusiones

De acuerdo a los resultados de la presente investigación se concluye:

- Puede incluirse niveles de maralfalfa hasta de 2% en la dieta para cuyes sin afectar la digestibilidad de los nutrientes de materia orgánica, proteína cruda y extracto etéreo.
- Niveles de mayor inclusión de maralfalfa en dietas para cuyes se relacionan con la disminución del coeficiente de digestibilidad de materia seca, materia orgánica, proteína cruda y fibra cruda.

9. Recomendaciones

- Realizar futuras investigaciones con pasto maralfalfa en la etapa antes de la floración con la finalidad de evaluar la digestibilidad de nutrientes antes de la lignificación del forraje.
- Evaluar coeficientes de digestibilidad en cuyes de forrajes disponibles en el medio con la finalidad de incorporarlas como materias primas alternativas en dietas alimenticias.
- Valorar coeficientes de digestibilidad considerando el sexo y el propósito de producción de cuyes.

10. Bibliografía

- Aduviri, T., y Blair, W. (2017). Uso de residuos de quinua (*Chenopodium quinoa* W.) en la productividad y rentabilidad de cuyes (*Cavia porcellus* L.).
- Aguirre, J. (2008). Determinación de la composición química y el valor de la energía digestible a partir de las pruebas de digestibilidad en alimentos para cuyes. [Tesis de Grado, Ingeniería Zootecnista, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Repositorio institucional - ESPOCH.
- 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.
- Albert, A.; Vera, M.; Savón, L. et al. (2006). Digestibilidad de nutrientes de las especies *Trichanthera gigantea* (H & B) (nacedero) *Morus alba* Lin. (Morera) y *Erythrina poeppigiana* (walp. O.F.) (Piñón) para la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus*). In: IV Congreso Latinoamericano de Agro-forestería para la Producción Pecuaria Sostenible. Varadero, Cuba (*Cavia porcellus* L.). Rev. Inv. Vet. Perú. 28: 255-264. doi: 10.15381/rivep.v28i2.13079
- Aliaga, R. L. (2009). Producción de cuyes. Lima, Perú: UCSS.
- Andrade Ulloa, D. G. (2009). Evaluación de dos sistemas y tres distancias de siembra del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) en la localidad de Chalguayacu, cantón Cumanda, provincia de Chimborazo. [Tesis de Grado, Ingeniería Agronómica, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Repositorio institucional - ESPOCH.
- Andrade, V., Fuentes, I., Vargas, J., Lima, R., y Jácome, A. (2016). Alimentación de cuyes en crecimiento - ceba a base de gramíneas tropicales adaptadas a la región Amazónica. Revista electrónica de veterinaria, 1-7.
- Angulo, R. y Rosero, R. (2018). Producción de forraje y calidad nutricional del pasto angleton climacuna (*Dichanthium annulatum*-Forssk-Stapf) para la producción de heno en La Dorada (Caldas). Rev Prod Anim 30: 10-17.
- AOAC. (2016). Asociación de Químicos Analíticos Oficiales. Obtenido de www.aoac.org
- Arce, N. (2016). Estudio histológico de las vellosidades intestinales de cuyes (*Cavia porcellus*) criollos y mejorados según el sistema de alimentación. Obtenido de Trujillo: [Tesis Pregrado, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Privada Antenor

- Orrego]. Repositorio institucional - UPAO]. Obtenido de:
<http://repositorio.upao.edu.pe/handle/upaorep/2430>
- Arcos, G., Palate, B., y Diéguez, K. (2017). Comparación del sistema de producción y ambiental de cuyes en la Amazonía y en la Sierra Ecuatoriana. Puyo, Ecuador.
- Ayala Burgos, A. J., Rosado Rivas, C. M., Capetillo Leal, C. M., y Sandoval Castro, C. A. (2003). Evaluación del método de lavado de bolsas (manual vs lavadora) en la técnica de degradación ruminal in situ. *Técnicas Pecuarias de México*, 41(3), 337-342.
- Ayala Vargas, Celso. (2018). Crecimiento y desarrollo de los mamíferos domésticos. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 5(Especial), 34-42. Recuperado en 31 de enero de 2023, de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S240916182018000300005&lng=es&tlng=es.
- 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 Investigación Agropecuaria Science and Biotechnology*, 1(1), 1-10. Obtenido de <http://revistas.untrm.edu.pe/index.php/RIAGROP/article/view/657/913>
- Bogdan, A. (1997). Pastos tropicales y plantas de forraje. 1a Edición, 461. (A. E. S.A., Ed.)
- Bonilla, E. A. (2013). Efecto de la aplicación de dos fuentes de vitamina C, dos tipos de vacunas y dos promotores de crecimiento en el manejo de cuyes (*Cavia porcellus*). [Tesis de grado, Ingeniería Agronómica, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio institucional - UCE.
- Buelvas Ramirez, M. (2009). Evaluación de tres tipos de fertilizantes sobre la producción de biomasa y calidad nutricional del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) cosechado a cuatro estadios de crecimiento diferentes. Quindío, Guatemala.
- Campos Villarroel, J. A. (2003). Digestibility of legumes and grassy forages in guinea pig feeding. Brigham Young University. Bolivia
- Campling, R. C. (1970). Physical regulation of voluntary intake. In: Proceedings of the Third International Symposium (1969, Cambridge, GB). Physiology of Digestion and Metabolism in the Ruminant. Ed. A. Philipson. Cambridge: Newcastle upon Tyne; 1970. 226 p.

- Caprita, R., Caprita, A., Cretescu, I., Ursulescu, G., y Nicu, V. (2013). Estimation of in vitro dry matter solubility and protein digestibility of barley grains. *Lucrări Stiintifice - Seria Zootehnie*, 60, 232-235.
- Castro, B. R. A., y Chirinos, P. (1994). Avances en nutrición y alimentación de Cuyes. Crianza de Cuyes, Guía Didáctica, Universidad Nacional del Centro: Huancayo.
- Castro Bedriñana, J., Chirinos Peinado, D., y Páucar Quevedo, C. (2017). Efecto del tratamiento alcalino (NaOH) en la digestibilidad de la materia seca y proteína de la Tatora (*Scirpus californicus*) en cuyes (*Cavia porcellus*). *Revista de investigaciones del Perú*, 28(1).
- Castro-Bedriñana, J., y Chirinos-Peinado, D. (2021). Nutritional value of some raw materials for guinea pigs (*Cavia porcellus*) feeding. *Transl Anim Sci*. Feb 8;5(2): txab019. doi: 10.1093/tas/txab019. PMID: 33860152; PMCID: PMC8033685.
- Castro, H. (2016). Sistemas de crianza de cuyes a nivel familiar - comercial en el sector rural. 14(2). Utah, US. Obtenido de Institute Brigham Young University Provo: <http://usi.earth.ac.cr/glas/sp/50000203.pdf>
- Caycedo, V. A. (2000). Experiencias investigativas en la producción de cuyes, contribución al desarrollo técnico de la explotación. Universidad de Nariño, Vicerrectoría de Investigaciones Posgrados y Relaciones Internacionales, Facultad de Ciencias Pecuarias. 323 páginas.
- Chauca, L. (1993). Experiencias de Perú en la producción de cuyes (*Cavia porcellus*). UNELLEZ-AVPA.
- Chauca, L. (1994). Proyecto sistemas de producción de cuyes (Vol. Tomo II). Lima, Perú, Perú.
- Chauca, L. (1997). Producción de cuyes (*Cavia porcellus*). (Vol. 138). La Molina.
- Chauca, L. (1997). Producción de cuyes (*Cavia porcellus*). FAO. doi:<https://www.fao.org/3/w6562s/w6562s04.htm>
- Chauca, L. (1997). Producción de cuyes (*Cavia porcellus*). Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).
- Chauca, L. (2015). Manual de producción de cuyes. (D. d. agrario, Editor, S. d. agrarios, Productor, & Área de transferencia de tecnología y servicios agrarios) Obtenido de Curso virtual, Instituto Nacional de Innovación Agraria.

- Cheeke, P. (1987). Alimentación y nutrición del conejo. Orlando, EE. UU.: Academic Press Inc. Ed.
- Citalán, L., Domínguez, B., Orantes, M., Manzur, A., Sánchez, B., De los Santos, M., y Nahed, J. (2012). Evaluación nutricional de maralfalfa (*Pennisetum spp.*) en las diferentes etapas de crecimiento en el rancho San Daniel, municipio de Chiapa de Corzo, Chiapas, México. *Quehacer Científico en Chiapas*(13), 19-23.
- Clavero, T. y Razz, R. (2009). Valor nutritivo del pasto maralfalfa (*Pennisetum purpureum x Pennisetum glaucum*) en condiciones de defoliación. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 26, 78-87.
- Clemente JE, Arbaiza FT, Carcelén CF, Lucas AO, Bazán RV. 2003. Evaluación del valor nutricional de la Puya llatensis en la alimentación del cuy (*Cavia porcellus*). *Rev Inv Vet Perú* 14(1): 1-6. DOI: 10.15381/rivep.v14i1.1583
- Correa, H. (2006). Calidad nutricional del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) cosechado a dos edades de rebrote. *LRRD News*, 18(6). Obtenido de <http://www.lrrd.org/lrrd18/6/corr18084.htm>
- Costales, F., y Llumiquinga, R. (2012). Manual de crianza y producción de cuyes (1a Ed.). Riobamba, Ecuador.
- Crampton, E. W., y Harris, L. E. (1974). Nutrición animal aplicada: El uso de los alimentos en la formulación de raciones para el ganado. 2da ed. Zaragoza: Editorial Acribia.
- Cuibin, R., Zea M, O., Palacios P, G., Norabuena M, E., Collazos P, L., y Sotelo M, A. (2020). Determinación de la digestibilidad y energía digestible de la harina de kudzu (*Pueraria phaseoloides*) en el cuy (*Cavia porcellus*). *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 31(4).
- FAO. (2000). Mejorando la nutrición a través de huertos y granjas familiares. En Manual de capacitación para trabajadores de campo en América Latina y el Caribe. Obtenido de www.fao.org
- Fernández Oller, A. (2019). Nutrición animal. Obtenido de Nutrición animal: <https://nutricionanimal.info/digestibilidad/>

- Flores-Mancheno, C., Duarte, C., y Salgado-Tello, I. (2017). Caracterización de la carne de cuy (*Cavia porcellus*) para utilizarla en la elaboración de un embutido fermentado. *Ciencia y Agricultura*, 14(1), 39-45.
- Franz, R., Kreuzer, M., Hummel, J., Hatt, J. M., y Clauss, M. (2011). Intake, selection, digesta retention, digestion and gut fill of two coprophageous species, rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) and guinea pigs (*Cavia porcellus*), on a hay-only diet. *Journal of animal physiology and animal nutrition*.
- Gidenne, T. (2015). Dietary fibres in the nutrition of the growing rabbit and recommendations to preserve digestive health: a review. *Animal*, 9(2), 227-242.
- González L, Téllez A, Sampedro JG, Nájera H. (2007). Las proteínas en la nutrición. *RESPYN* 8(2): 1-7.
- Guerrero, J. E., Fernández, L., y Hernández, A. (2011). Efecto del sexo y de la castración en el comportamiento productivo y la calidad de la canal de cuyes (*Cavia porcellus*). *Vet.Zootec*, 5(1), 20-25.
- Hidalgo L, V., y Valerio C, H. (2020). Digestibilidad y energía digestible y metabolizable del glúten de maíz, hominy feed y subproducto de trigo en cuyes (*Cavia porcellus*). *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 31(2).
- Hinojosa, Y., Yepez, N., y Suárez, P. (2014). Frecuencia de corte de maralfalfa (*Pennisetum* sp.) durante la estación lluviosa, Trinidad, Bolivia. *Agrociencias, Amazonía*(4), 11-18.
- Horwitz, W., y Latimer, G. (2005). *Official methods of analysis of AOAC international*. Obtenido de OAC International.
- INAMHI. (2013). Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. Obtenido de Anuario metereológico: www.inamhi.gob.ec
- INEN. (2013). Carne y productos cárnicos. Obtenido de *Productos cárnicos crudos, productos cárnicos curados-madurados y productos cárnicos precocidos-cocidos*. Requisitos.
- INIA. (1995). Proyecto sistemas de producción de cuyes. Instituto de investigaciones agropecuarias. Chile.

- Jumbo, M. C. (2019). Evaluación del efecto del nivel de fibra insoluble en la digestibilidad fecal en cuyes de ceba en la "Quinta Experimental Punzara". [Tesis de grado, Universidad Nacional de Loja. Repositorio Institucional-UNL.
- León, B. G. (2020). Manual de técnicas de análisis bromatológico. Laboratorio de Suelos, Aguas y Bromatología. Loja, Ecuador.
- Ly J, Reyes L, Delgado E, Castro M. 2013. Royal palm nut meal for fattening pigs. Influence of body weight on rectal digestibility and faecal output of materials. Cuban J Agr Sci 47: 283-287.
- López, V. (2013). Situación actual de la crianza de cuyes en Ecuador. Ministerio de agricultura de Quito Ecuador, Quito. Obtenido de Ministerio de agricultura de Quito Ecuador.
- Luna, M., Chacón, M., Ramírez, R., Álvarez, P., Plúa, P., y Álava, M. (2015). Rendimiento y calidad de dos especies del género *Pennisetum* en Ecuador. Revista electrónica Veterinaria, 8(16), 1-10.
- Macancela, W. Soca, M. y Sánchez, T. (2019). Indicadores productivos de *Cavia porcellus*, alimentado con cinco especies forrajeras en la región Austro del Ecuador. Pastos y Forrajes, vol. 42, No. 4, Paper Scientific. 246-251.
- Maldonado, H., Carrete, F., Reyes, O., Sánchez, J., Murillo, M., y Araiza, E. (2021). Rendimiento y valor nutricional del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) en diferentes edades. Revista Fitotécnica Mexicana, 2(44), 143-149.
- Maynard, J., Loosli, J., Hintz, H., y Warner, R. (1981). Nutrición Animal. Libros McGraw-Hill de México, México. Séptima Edición.
- Maynard, D., y Loosli, J. (2017). Nutrition animal. McGraw-Hill, New York. 7th Edition.
- Mena, J. A. (2016). Validación del método para la determinación de grasa en el laboratorio Ecuachemlab Cia. Ltda. Ambato, Ecuador. [Tesis de grado, facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Carrera de Ingeniería Bioquímica. Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio - UTA
- Meza Bone, C. J., Cabrera Verdezoto, R. P., Morán Morán, J. J., Cabrera Verdezoto, C. A., Miele Cedeño, E. M., y Meza Bone, G. A. (2018). Producción y rentabilidad de cuyes alimentados cn arbustivas forrajeras tropicales en zona rural de Quevedo, Ecuador. Ciencia y Tecnología, 11(2), 1-7.

- Meza Bone, G. A., Cabrera Verdezoto, R. P., Morán Morán, J. J., Meza Bone, F. F., Cabrera Verdezoto, C. A., Meza Bone, C. J., y Ortiz Dicado, J. (2014). Mejora de engorde de cuyes (*Cavia porcellus*) a base de gramíneas y forrajeras arbustivas, tropicales en la zona de Quevedo, Ecuador. *Idesa (Arica)*, 32(3), 75-80.
- Meza Bone, G., Sánchez Laiño, A., Meza Chica, M., Meza Bone, C., Franco Suescum, N., Avellaneda Cevallos, J., y Liuba Delfini, G. (2012). Digestibilidad *in vivo* de forrajeras arbustivas tropicales para la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus Linnaeus*), en el litoral ecuatoriano. *Revista Veterinaria y Zootecnia (On Line)*, 6(2), 14.
- Molina, S. (2005). Evaluación agronómica y bromatológica del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) en el Valle del Sinú. *Rev. Fac. Nac. Agron. de la Universidad Nacional de Colombia*, 58(1), 39.
- Moscoso, J. E., Quishpe, R. A., Luizar, O. C., Arjona, S. M., y Olazabal, J. (2019). Efecto de la inclusión de tres fuentes de lípidos en el alimento sobre los parámetros productivos y los ácidos grasos de la carne de cuy. Panamá. Obtenido de <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/222/222973004/html/>
- Narváez, J. P., y Delgado, J. M. (2012). Evaluation of the *in vivo* technique for determining apparent digestibility of forage in guinea pigs (*Cavia porcellus*). *Investigación Pecuaria. Pec 1*: 16-24.
- Navia, J. & Hunt, C. (1976). Nutrición, enfermedades nutricionales y aplicaciones de investigación nutricional. *La biología del conejillo de Indias*, 235-267. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-730050-4.50022-3>
- Noboa Bustamante, L. J. (2022). Uso de forrajes para la alimentación de cuyes en un sistema de crianza familiar. Componente práctico del examen de grado de carácter complejo. [Tesis de grado, Ingeniería agropecuaria, Universidad Técnica de Babahoyo]. Repositorio institucional - UTB.
- NRC. (1978). Nutrient requirements of the guinea pig. In: Nutrient requirements of laboratory animals. National Research Council. 3rd Revised Ed. Washington DC, USA: National Academy Press. p 59-59.
- NRC. (1995). Nutrient requirements of beef cattle. (N. R. Council, Ed.) National Academy Press, 7th rev, 242.

- NRC. (2005). Mineral Tolerance of Animals, segunda edición revisada. Consejo Nacional de Investigación de las Academias Nacionales, The National Academies Press Washington DC. Obtenido de <https://bit.ly/3M1v4vN>
- Ortiz Oblitas, P., Florián Alcántara, A., Estela Manrique, J., Rivera Jacinto, M., Hobán Vergara, C., y Murga Moreno, C. (2021). Caracterización de la crianza de cuyes en tres provincias de la Región Cajamarca, Perú. Revista de investigaciones veterinarias del Perú, 32(2). doi:<https://dx.doi.org/10.15381/rivep.v32i2.20019>
- Paillacho, W. (2017). Evaluación de una dieta a base de harina de yuca (*Manihot esculenta*) y de alfalfa (*Medicago sativa*) en un balanceado para la alimentación de cuyes (*Cavia aperea porcellus*, L) en la etapa de engorde. [Tesis de grado, Ingeniero en Desarrollo Integral Agropecuario, Universidad Politécnica Estatal del Carchi]. Repositorio institucional - UPEC
- Parra, J., y Gómez, A. (2009). Importancia de la utilización de diferentes técnicas de digestibilidad en la nutrición y formulación porcina. Revista MVZ Córdoba, 1(14), 1633-1641.
- Paspuezán, M. (2019). Estudio de la producción y comercialización del cuy (*Cavia porcellus*) en la provincia de Carchi. [Tesis de grado, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales. Escuela de Ingeniería en Agronegocios, Avalúos y Catastros Universidad Técnica del Norte]. Repositorio - UTN
- Pinto, K. (2006). Evaluación agronómica, descripción bromatológica y energética del pasto Pennisetum purpureum variedad Maralfalfa a Diferentes Edades de Cortes, en una Zona de Vida de Bosque Seco Tropical, Moroturo Municipio Urdaneta, Estado Lara. [Tesis de grado, Agronomía, Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado]. Repositorio - UCLA.
- Plascencia A, Mendoza G, Vázquez C, 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. Interciencia 30: 134-142.
- Ramírez, J. L. y Kijora, C. 2003. Efecto de la Época y la Edad en Algunos Componentes Químicos del Pasto King Grass. C. T 115. Rev. Med. Vet. Vol IV. No 11. <http://www.veterinaria.org>.

- Ramírez, W., y Cárdenas, C. (2022). Parámetros productivos de cuyes mejorados en tres densidades de crianza, distrito de Toache. *Revista Veterinaria y Zootecnia Amazónica*, 2(2), 1-9. doi: <https://doi.org/10.51252/revza.v2i2.357>.
- 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.
- Revollo, K. (2010). Aparato del cuy. Documento guía para productores, 9. México. Obtenido de Documento guía para productores.
- Reynaga, M., Vergara, V., Chauca, L., Muscari, J., y Higaonna, O. (2020). Sistemas de alimentación mixta e integral en la etapa de crecimiento de cuyes (*Cavia porcellus*) de las razas Perú, Andina e Inti. *Revista de Investigaciones Veterinarias de Perú*, 31(3), 1-9. doi:<http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v31i3.18173>.
- Ribeiro, G. Teixeira, A. Velasco, F. Faria, W. Pereira, L. Chaves, A. Gonçalves, L. et al. (2014). Production, nutritional quality and in vitro methane production from *Andropogon gayanus* grass harvested at different maturities and preserved as hay or silage. *Asian Austral J Anim* 27: 330-341. doi: 10.5713/ajas.2013.13161
- Richardson, V. (2000). *Diseases of domestic guinea pigs*. Australia. (2nd Edition)
- Rico, E. (2012). *Nutrición y Alimentación*. 1er Curso y reunión nacional de cuy cultura, 33,45. Cochabamba, Bolivia.
- Rodríguez, Palenzuela, P., García, J., y Blas, C. (1998). Fibra soluble y su implicación en nutrición animal: enzimas y probióticos. *Curso de Especialización. FEDNA*, 14, 227–240.
- Rubio, P., Chávez, J., Febres, G., y Deza, H. (2018). Predicción de peso de carcasa a la edad de beneficio en cuyes del genotipo Cieneguilla con base a una síntesis de medidas corporales. *Investigaciones Veterinarias del Perú*, 29(2), 507-513. doi: <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v29i2.14476>
- Salinas, J., Gómez, J., Viñan, P., y Loor, J. (2020). Concentraciones de harina aviar en dietas para cuyes (*Cavia porcellus*) en gestación y lactancia. *Revista Ciencia e Investigación*, 5(2), 1-13. doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3820518>

- Sánchez, A., Zambrano, D., Torres, E., y Meza, G. (2012). Forrajeras tropicales y babano maduro (*Musa paradisiaca*) en el engorde de cuyes (*Cavia porcellus L.*) en el cantón Quevedo. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal*, 2, 287-290.
- Sánchez Laiño, A., Sánchez Gallardo, S., Godoy Becerra, S., Días Ocampo, R., y Vega Pastuña, N. (2009). Gramíneas tropicales en el engorde de cuyes mejorados sexados (*Cavia porcellus Linnaeus*) en la zona de la Maná. *Ciencia y Tecnología*, 2(1), 25-28.
- Santana, A. Pérez, A. y Figueredo, M. (2010). Efectos del estado de madurez en el valor nutritivo y momento óptimo de corte del forraje napier (*Pennisetum purpureum Schum.*) en época lluviosa. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 1(3), 277-286. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242010000300007&lng=es&tlng=es.
- Shimada, M. (2015). *Nutrición Animal*. México: Trillas México.
- Sosa, D. (2006). Digestibilidad de maralfalfa (*Pennisetum sp.*) en cabras. *Boletín Técnico* 6, Serie Zoológica 2. Departamento de Ciencias de la Vida, Carrera de Ciencias Agropecuarias. IASA I. Escuela Politécnica del Ejército Vicerrectorado de Investigación y Desarrollo. Sangolquí, Ecuador.
- Tapia, A. (2015). Utilización de la harina de maralfalfa en la alimentación de conejos neozelandés desde el destete hasta el inicio de la vida reproductiva (Tesis de grado) Facultad de Ciencias Pecuarias. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba - Ecuador.
- Tarrillo Edquén, B. P., Mirez Peralta, K. F., y Bernal Mejía, W. (2018). Uso del alimento peletizado en crecimiento - engorde de cuyes mejorados (*Cavia porcellus*) en Chota. *Revista Ciencia No@ndina*, 1(2), 94-103. doi:<https://doi.org/10.37518/2663-6360X2020v1n2p94>.
- Tancharoenrat P, Ravindran V, Zaefarian F, Ravindran G . 2013. Influence of age on the apparent metabolizable energy and total tract apparent fat digestibility of different fat sources for broiler chickens. *Anim Feed Sci Tech* 186: 186-192. doi: 10.1016/j.anifeedsci.-2013.10.013
- Valverde, P., Trujillo, J., Díaz, H., y Toalombo, P. (2021). Alimentación de cuyes (*Cavia porcellus*) con pastos y forrajes de clima tropical en Pastaza - Ecuador bajo un sistema de crianza piramidal. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal*, 16, 59-66.

Obtenido

de

https://aicarevista.jimdo.com/app/download/19268700925/AICA_Vol16_Trabajo011.pdf?t=1635176446

Vargas, S. (2011). Determinación de la ganancia de peso en cuyes (*Cavia porcellus*), con dos tipos de alimento balanceado. México.

Vásquez Zárate. (2018). Dosis de cuyinasa en la fertilización de maralfalfa (*Pennisetum sp*) y época de cosecha al segundo corte, en el Distrito y Provincia de Cutervo-Región Cajamarca. Tesis de grado. Universidad Nacional de Cajamarca.

Viloria, F. M. (2019). Ficha técnica del pasto maralfalfa (*Pennisetum violaceum o Pennisetum sp.*). Obtenido de Pastos y forrajes: <https://infopastosyforrajes.com>

Zaldívar, L. (2017). Producción de cuyes (*Cavia porcellus*). Food & Agriculture Org, 138. Obtenido de <https://bit.ly/3U62ME5>

Zambrano, R. y Castillo, G. (1992). Efecto de la harina de algodón en la alimentación de conejos neozelandés. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Técnica de Manabí. Portoviejo, Ecuador.

11. Anexos

Anexo 1. Evidencias fotográficas del trabajo de campo.



Figura 6. Fabricación de las dietas experimentales.



Figura 7. Jaula metabólica.



Figura 8. Adecuación de las instalaciones.



Figura 9. Pesaje del cuy y periodo de adaptación.



Figura 10. Suministro de alimento y agua a los animales.



Figura 11. Colecta y pesaje de heces.

Anexo 2. Evidencias fotográficas del análisis de la composición química del alimento y las excretas.



Figura 12. Análisis químico de materia seca.

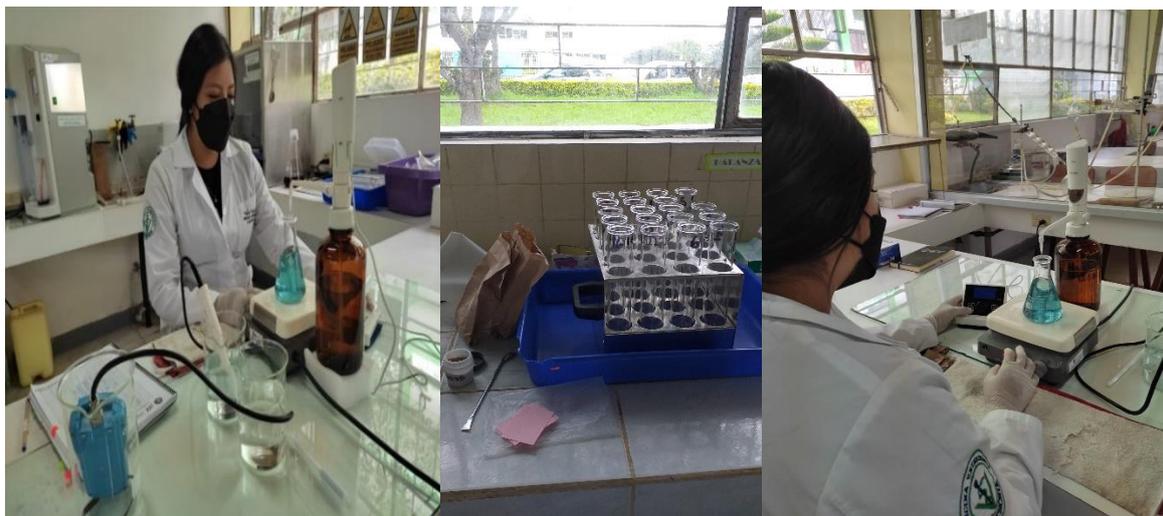


Figura 13. Análisis químico de proteína cruda.



Figura 14. Análisis químico de fibra cruda y extracto etéreo.

Anexo 3. Certificado de traducción en inglés.

Loja, 27 de febrero de 2023

Yo, **Karla Isabel Carpio Toledo**, con cédula de identidad **1105172280**; Lic. en Ciencias de la Educación, mención idioma Inglés de la Universidad Nacional de Loja y graduada de la Universidad Internacional de la Rioja como Máster Universitaria en Educación bilingüe con registros de la Senescyt 1008-14-1267820 y 7241141626 respectivamente, certifico:

Que tengo el conocimiento del idioma inglés FCE B2, y que la traducción del resumen de trabajo de titulación: "**Digestibilidad *in vivo* de dietas en cuyes (*Cavia porcellus*) con la inclusión de diferentes niveles de maralfalfa (*Pennisetum spp.*)**", cuya autoría de la estudiante Thalía del Rosio Puglla Remache, con cédula de identidad 1104575632, es verdadero a mi mejor saber y entender.

Atentamente,



Mgs. Karla Isabel Carpio Toledo

EFL TEACHER