

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE AGRONOMÍA Y ZOOTECNIA

ESCUELA PROFESIONAL DE ZOOTECNIA



TESIS

**DIGESTIBILIDAD DE LA ACHUPALLA (*Puya ferrugínea*),
SUNCHU (*Viguiera lanceolata*) Y ÑUÑA (*Phaseolus vulgaris* L.)
EN CUYES (*Cavia porcellus*)**

PRESENTADO POR:
Br. **JOHANNES GIOVANNI GUILLEN ORUE**

PARA OPTAR AL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO ZOOTECNISTA

ASESORES:

Ph.D. JUAN ELMER MOSCOSO MUÑOZ

M.Sc. LIZ BEATRIZ CHINO VELASQUEZ.

CUSCO – PERÚ

2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, Asesor del trabajo de investigación/tesis titulada:.....

DIGESTIBILIDAD DE LA ACHUPALLA (*Puya ferruginea*),
SUNCHU (*Viguiera lanceolata*) y RUÑA (*Phaseolus vulgaris L.*)
EN CUYES (*Cavia porcellus*)

presentado por: JOHANNES GIOVANNI con DNI Nro.: 76037194 presentado
por: GILLEN ORUE

con DNI Nro.: - para optar el
título profesional/grado académico de INGENIERO ZOOTECNISTA

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 2 veces, mediante el
Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la
UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 7%.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o
título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 10 de enero de 2025

Firma
Post firma Juan Elmer Moscoso Llanos

Nro. de DNI: 73940692

ORCID del Asesor: 0000-0001-5884-9718

2º asesor DNI: 71732710

ORCID: 0000-0002-6322-7371

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid: 272590420147423

JOHANNES GIOVANNI GUILLEN ORUE

TESIS JOHANNES GIOVANNI GUILLEN f_.docx

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:420147423

Fecha de entrega

10 ene 2025, 9:53 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

10 ene 2025, 10:10 a.m. GMT-5

Nombre de archivo

TESIS JOHANNES GIOVANNI GUILLEN f_.docx

Tamaño de archivo

3.8 MB

73 Páginas

15,895 Palabras

84,613 Caracteres

7% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Exclusiones

- ▶ N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 6%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 3%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

A MI MADRE

A mi madre, Orfelia Orue Gonzales, por siempre creer en mí y por estar a mi lado en cada proceso de mi vida, su amor incondicional, su apoyo inquebrantable y los sacrificios que ha hecho a lo largo de los años, han sido mi mayor fuente de inspiración y fortaleza. Este logro es un reflejo de su dedicación y de todo lo que me ha dado. Te dedico esta tesis con todo mi cariño y gratitud, por ser guía y pilar fundamental en cada paso de mi vida.

A mi padre, Juan Guillen Díaz, por ser guía y fuente de sabiduría, por sus enseñanzas, su comprensión, amor, aprecio y aliento en cada paso de este camino.

A mis hermanos, Nayda, Melani y Klebert, por su apoyo constante, cariño y compañía a lo largo de este viaje.

A Gabriela Adriana, leal compañera y fuerza impulsora, por su amor incondicional y por estar siempre a mi lado.

Esta tesis es el resultado de su fe en mí y de los sacrificios que han hecho para que pudiera alcanzar mis metas.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas e instituciones que han hecho posible la realización de esta tesis.

En primer lugar, agradezco a Dios y a mis Padres, por darme la fortaleza, perseverancia, paciencia y apoyo constante necesarias para culminar esta etapa de mi vida académica.

A mis asesores de tesis, Ing. Zoot. PhD. Juan E. Moscoso Muñoz e Ing. Zoot. M.Sc. Liz B. Chino Velasquez por su valiosa guía, sabios consejos y paciencia a lo largo de este proceso. Su conocimiento y experiencia fueron fundamentales para llevar a cabo esta investigación.

A la Facultad de Agronomía y Zootecnia de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, por brindarme la oportunidad de formarme académicamente y prepararme para enfrentar los retos que el futuro depara. Extiendo mi agradecimiento a todos los docentes, quienes con su dedicación, conocimiento, experiencia y sabios consejos han sido pilares fundamentales en mi desarrollo académico y personal.

Al laboratorio de Nutrición, Ciencia y Tecnología de Alimentos por los recursos puestos a mi disposición durante la realización de este trabajo.

Agradezco de corazón a Gabriela Adriana Navarro Puente de la Vega y Kazuyoshi Jesús Yatto Pacheco, quienes siempre estuvieron a mi lado, brindándome su amistad y apoyo incondicional, escuchando mis inquietudes y motivándome a seguir adelante.

A mis compañeros de investigación, Atilio, Fiorela y Analy por su colaboración, compañerismo y por hacer de este viaje una experiencia enriquecedora y llena de aprendizajes.

Finalmente, quiero expresar mi gratitud a todos aquellos que, de una u otra manera, contribuyeron con su apoyo moral, académico o técnico, lo que permitió que esta tesis se completara con éxito.

A todos ustedes, muchas gracias.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE.....	iv
GLOSARIO.....	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN	3
2.1. OBJETIVOS	3
2.1.1. OBJETIVO GENERAL.....	3
2.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
2.2. JUSTIFICACIÓN	4
III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	5
3.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO.....	5
3.2. FISIOLÓGÍA DIGESTIVA DEL CUY.....	6
3.3. ALIMENTACIÓN DEL CUY.....	8
3.4. SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN	8
3.5. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DEL CUY.....	9
3.6. ACHUPALLA (<i>Puya ferrugínea</i>).....	10
3.7. SUNCHU (<i>Viguiera Lanceolata</i>)	11
3.8. ÑUÑA (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.).....	12
3.9. DIGESTIBILIDAD	14
3.10. DIGESTIBILIDAD APARENTE (D.A).....	15
3.11. DIGESTIBILIDAD VERDADERA (D.V)	15
3.12. DIGESTIBILIDAD POR DIFERENCIA	15
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	17

4.1	LUGAR DE EXPERIMENTACIÓN	17
4.2	MATERIALES Y EQUIPOS.....	17
4.2.1	MATERIAL BIOLÓGICO	17
4.2.2	MATERIALES DE CAMPO	17
4.2.3	MATERIALES LABORATORIO.....	18
4.2.4	EQUIPOS DE CAMPO	18
4.2.5	EQUIPOS DE LABORATORIO	18
4.2.6	INSUMOS EXPERIMENTALES	18
4.3	METODOLOGÍA	20
4.3.1	INSTALACIONES.....	20
4.3.2	TRATAMIENTOS	20
4.3.3	PREPARACIÓN DE LAS DIETAS	21
4.3.4	PERIODO PRE EXPERIMENTAL	23
4.3.5	PERIODO EXPERIMENTAL.....	23
4.3.6	SUMINISTRO DE ALIMENTO Y AGUA.....	23
4.3.7	OBTENCIÓN DE MUESTRAS	24
4.3.8	SECADO Y MOLIENDA DE MUESTRAS.....	24
4.3.9	DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICO NUTRICIONAL	24
4.3.10	DETERMINACIÓN DE MATERIA SECA	24
4.3.11	DETERMINACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA.....	25
4.3.12	DETERMINACIÓN DE COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDAD	25
4.3.13	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	26
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
5.1.	DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICO-NUTRICIONAL.....	28
5.2.	CONSUMO DE MATERIA SECA Y MATERIA ORGÁNICA DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES	33
5.3.	COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDAD DE MATERIA SECA Y MATERIA ORGÁNICA DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES	35
5.4.	COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDAD DE MATERIA SECA Y MATERIA ORGÁNICA DE LA ACHUPALLA, SUNCHU Y ÑUÑA	38
VI.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	42

CONCLUSIONES	42
RECOMENDACIONES	43
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
VIII. ANEXOS	49
ANEXO DE FIGURAS	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Requerimientos nutricionales del cuy	10
Tabla 2. Clasificación taxonómica de la achupalla (<i>Puya ferrugínea</i>)	11
Tabla 3. Clasificación taxonómica de la ñuña (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>)	13
Tabla 4. Fórmulas de las dietas experimentales	20
Tabla 5. Insumos utilizados en la fórmula de la dieta basal (base fresca)	22
Tabla 6. Composición química de las dietas experimentales (base seca)	22
Tabla 7. Composición Química de la Achupalla y Sunchu (base seca)	28
Tabla 8. Composición Química de la Ñuña o frijol reventón (base seca)	29
Tabla 9. Consumo de los componentes (materia seca, materia orgánica) de las dietas experimentales en cuyes en base seca	34
Tabla 10. Coeficiente de digestibilidad de los componentes (materia seca, materia orgánica) de acuerdo con las dietas experimentales en base seca	37
Tabla 11. Coeficientes de Digestibilidad aparente de Materia Seca y Materia Orgánica	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Partes del Sistema Digestivo del Cuy	7
Figura 2. Insumos experimentales: Achupalla (<i>Puya ferrugínea</i>), sunchu (<i>Viguiera lanceolata</i>) y ñuña (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) en su forma natural	59
Figura 3. Proceso de peletizado de los insumos experimentales listos para la investigación.....	59
Figura 4. Cuyes machos de la línea Perú utilizados en la investigación en sus jaulas individuales, adaptándose a las dietas experimentales	60
Figura 5. Toma de muestras para la evaluación de los coeficientes de digestibilidad aparente.....	60
Figura 6. Análisis en laboratorio de las muestras recolectadas realizado en el laboratorio de Nutrición, Ciencia y Tecnología de Alimentos	61
Figura 7. Responsable del desarrollo de investigación en las instalaciones de la sala de investigación en bioenergética de cuyes (SIBEc).....	61

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Base de datos promedio de pesos, consumo y digestibilidad de las unidades experimentales	49
Anexo 2. Prueba de Normalidad de pesos de las unidades experimentales	50
Anexo 3. Croquis y aleatorización de las unidades experimentales	50
Anexo 4. Análisis de varianza y comparación de medias Tukey de consumo de materia seca (g) de las dietas experimentales.....	51
Anexo 5. Análisis de varianza y comparación de medias Tukey de consumo de materia orgánica (g) de las dietas experimentales.....	52
Anexo 6. Análisis de varianza y comparación de medias Tukey de consumo de materia seca % PV de las dietas experimentales	53
Anexo 7. Análisis de varianza y comparación de medias Tukey de consumo de materia orgánica % PV de las dietas experimentales.....	54
Anexo 8. Análisis de varianza y comparación de medias Tukey de fracción digerida de materia seca (g) de las dietas experimentales.....	55
Anexo 9. Análisis de varianza y comparación de medias Tukey de fracción digerida de materia orgánica (g) de las dietas experimentales.....	56
Anexo 10. Análisis de varianza y comparación de medias Tukey de digestibilidad de materia seca (MS) de las dietas experimentales.....	57
Anexo 11. Análisis de varianza y comparación de medias Tukey de digestibilidad de materia orgánica (MO) de las dietas experimentales	58

GLOSARIO

AOAC: Association of Official Analytical Chemists

DA: Digestibilidad Aparente

DCA: Diseño Completamente al Azar

DV: Digestibilidad Verdadera

CD: Coeficiente de Digestibilidad

FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations

FDA: Fibra Detergente Acida

FDN: Fibra Detergente Neutra

INIA: Instituto Nacional de Innovación Agraria

MO: Materia Orgánica

MS: Materia Seca

NFTA: National Forage Testing Association

NIRS: Near Infrared Spectroscopy

PV: Peso Vivo

SIBEc: Sala de Investigación en Bioenergética de Cuyes

RESUMEN

El objetivo del estudio fue determinar el valor nutricional (composición química y digestibilidad) de la achupalla (*Puya ferrugínea*), sunchu (*Viguiera lanceolata*) y ñuña (*Phaseolus vulgaris* L.) en cuyes (*Cavia porcellus*), la investigación se llevó a cabo en el Centro Agronómico K'ayra de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC), utilizando un diseño completamente al azar (DCA) con 37 cuyes machos de la línea Perú, con un peso promedio de 830.68 ± 19.45 g, distribuidos en siete tratamientos experimentales con diferentes proporciones de los insumos mencionados. Los resultados mostraron que la achupalla presentó un contenido moderado de proteína (7.61 %) y un alto contenido de fibra cruda (34.19 %), mientras que el sunchu, mostró un alto contenido proteico (21.75 %) y un nivel similar de fibra cruda (33.59 %). La ñuña, por su parte, se destacó por su alto contenido proteico (25.87 %) y su valioso perfil de aminoácidos esenciales. Se utilizó tanto el método directo como el de sustitución para determinar la digestibilidad, los coeficientes de digestibilidad aparente obtenidos para la achupalla fueron 43.06 y 44.96 % (materia seca), y de 41.24 y 43.53 % (materia orgánica); para el sunchu los valores fueron de 51.92 y 54.39 % (materia seca), y de 50.97 y 53.46 % (materia orgánica) respectivamente; en el caso de la ñuña, los coeficientes de digestibilidad obtenidos, únicamente por el método de sustitución, fueron de 65.00 % (materia seca) y 67.99 % (materia orgánica). Estos resultados sugieren que, estos insumos son valiosos como fuentes de proteína y fibra, lo que los convierte en ingredientes potencialmente beneficiosos en la alimentación de cuyes.

Palabras clave: Digestibilidad, achupalla, sunchu, ñuña, composición nutricional, coeficiente de digestibilidad aparente.

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the nutritional value (chemical composition and digestibility) of achupalla (*Puya ferrugínea*), sunchu (*Viguiera lanceolata*), and ñuña (*Phaseolus vulgaris* L.) in guinea pigs (*Cavia porcellus*). The research was conducted at the Agronomic Center K'ayra of the National University of San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC), using a completely randomized design (CRD) with 37 male Peru-line guinea pigs, with an average weight of 830.68 ± 19.45 g, distributed across seven experimental treatments with different proportions of the aforementioned inputs. Results showed that achupalla presented a moderate protein content (7.61%) and a high crude fiber content (34.19%), while sunchu showed a high protein content (21.75%) and a similar crude fiber level (33.59%). Ñuña stood out for its high protein content (25.87%) and valuable essential amino acid profile. Both the direct and substitution methods were used to determine digestibility. The apparent digestibility coefficients for achupalla were 43.06 and 44.96% (dry matter) and 41.24 and 43.53% (organic matter). For sunchu, the values were 51.92 and 54.39% (dry matter) and 50.97 and 53.46% (organic matter), respectively. In the case of ñuña, the digestibility coefficients obtained solely by the substitution method were 65.00% (dry matter) and 67.99% (organic matter). These results suggest that these inputs are valuable as sources of protein and fiber, making them potentially beneficial ingredients in guinea pig feed.

Keywords: Digestibility, achupalla, sunchu, ñuña, nutritional composition, apparent digestibility coefficient.

I. INTRODUCCIÓN

La crianza de cuyes es una actividad importante en países andinos de América del sur, en gran medida esta actividad se destaca por las características particulares de los animales, la rusticidad, su alta prolificidad, la versatilidad alimenticia que ofrecen y las bondades nutricionales de su carne; además de su importancia como fuente de alimento, la crianza de cuyes desempeña un papel crucial en la sostenibilidad económica y social de numerosas familias, proporcionando tanto proteína para la dieta como ingresos a través de la comercialización de los mismos (Barrial y Huamán, 2020).

Sin embargo, la crianza de cuyes conlleva desafíos significativos, especialmente en lo que respecta a la alimentación. Los costos asociados con la producción de forraje y concentrados pueden representar hasta el 70 % de los gastos totales de producción. En las zonas rurales de los Andes peruanos, donde los recursos e insumos son escasos y limitados durante todo el año, la alimentación de los cuyes se convierte en un desafío aún mayor debido a las condiciones topográficas y ambientales particulares de la región.

Para abordar estas limitaciones, los criadores de cuyes a menudo recurren a forrajes silvestres no convencionales como una alternativa para alimentar a sus animales. Entre estos forrajes, la achupalla y el sunchu son dos opciones destacadas. La achupalla (*Puya ferrugínea*), una planta silvestre de la familia Bromeliaceae, se utiliza principalmente en épocas de sequía debido a su gran disponibilidad. Por otro lado, el sunchu (*Viguiera lanceolata*), miembro de la familia Asteraceae, surge durante las estaciones lluviosas y también se aprovecha como fuente forrajera.

Además de estas plantas silvestres, existe un recurso poco explorado, pero potencialmente valioso: la ñuña o frijol reventón (*Phaseolus vulgaris* L.) tradicionalmente cultivada en los valles interandinos, posee una gran diversidad genética, existiendo eco tipos con poca aptitud agroindustrial debido a su insuficiente fragmentación en el tostado, lo que conlleva al riesgo de perder parte de esta diversidad genética, es por ello que una alternativa de conservación y valoración de este recurso fitogenético es su inclusión en dietas para la alimentación animal, incluido los cuyes.

A pesar de la aparente promesa de estos recursos alternativos, existe una falta de información científica sobre su composición químico-nutricional y digestibilidad en cuyes. Por lo tanto, es crucial realizar investigaciones para comprender mejor como estos forrajes pueden ser utilizados de manera efectiva en la alimentación de los cuyes, garantizando así la sostenibilidad y rentabilidad de esta importante actividad pecuaria en la región andina.

II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

2.1. OBJETIVOS

2.1.1. OBJETIVO GENERAL

- Determinar la digestibilidad de la achupalla (*Puya ferrugínea*), sunchu (*Viguiera lanceolata*) y ñuña (*Phaseolus vulgaris* L.) en cuyes (*Cavia porcellus*).

2.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la composición químico nutricional de la achupalla (*Puya ferrugínea*), sunchu (*Viguiera lanceolata*) y ñuña (*Phaseolus vulgaris* L.).
- Determinar el consumo de materia seca y materia orgánica de las dietas con inclusión de achupalla (*Puya ferrugínea*), sunchu (*Viguiera lanceolata*) y ñuña (*Phaseolus vulgaris* L.) en cuyes (*Cavia porcellus*).
- Determinar el coeficiente de digestibilidad aparente de la materia seca y materia orgánica de las dietas con inclusión de achupalla (*Puya ferrugínea*), sunchu (*Viguiera lanceolata*) y ñuña (*Phaseolus vulgaris* L.) en cuyes (*Cavia porcellus*).
- Determinar el coeficiente de digestibilidad aparente de la materia seca y materia orgánica de la achupalla (*Puya ferrugínea*), sunchu (*Viguiera lanceolata*) y ñuña (*Phaseolus vulgaris* L.) en cuyes (*Cavia porcellus*).

2.2. JUSTIFICACIÓN

La crianza de cuyes es una actividad arraigada en la cultura y economía de los países andinos, siendo una fuente crucial de alimentos y medios de vida para numerosas comunidades rurales. Sin embargo, enfrenta diversos desafíos, especialmente en lo que respecta a la alimentación de los animales. Los altos costos asociados con la producción de forraje y concentrados representan una carga financiera significativa para los criadores, lo que puede limitar su capacidad para mantener o expandir sus operaciones.

En este contexto, el aprovechamiento de forrajes silvestres como la achupalla, el sunchu y la ñuña ofrece una oportunidad para reducir los costos de alimentación y aumentar la sostenibilidad económica de la crianza de cuyes. Sin embargo, la falta de información científica sólida sobre la composición químico-nutricional y la digestibilidad en los cuyes constituye una barrera importante para la adopción generalizada de estos forrajes alternativos.

Por lo tanto, esta investigación se justifica por la necesidad de llenar esta brecha de conocimiento. Al comprender mejor la composición y el valor nutricional de los forrajes silvestres mencionados y su impacto en los cuyes, se pueden desarrollar recomendaciones y pautas específicas para su uso óptimo en la alimentación animal. Esto no solo beneficiará a los criadores al reducir los costos de alimentación, sino que también contribuirá a la conservación de recursos naturales y promoverá la sostenibilidad ambiental de la crianza de cuyes en los Andes.

Además, al destacar la importancia de conservar y valorar la diversidad genética de la ñuña, se enfatiza la necesidad de explorar nuevas aplicaciones para este recurso fitogenético, lo que podría tener implicaciones más amplias para la seguridad alimentaria y la conservación de la biodiversidad en la región andina.

En resumen, esta investigación es fundamental para informar y mejorar las prácticas de alimentación de cuyes en los Andes, lo que a su vez puede tener beneficios significativos para la economía rural, la seguridad alimentaria y la conservación del medio ambiente en la región.

III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

Zurita (2017), evaluó la utilización de distintos niveles de harina de Ccayara (*Puya herrerae*) alimentando cuyes en etapa de crecimiento, en cuanto a la composición química, observó 88.94 % de materia seca, un alto contenido de fibra cruda (57.62 %), bajo contenido de proteína cruda (4.08 %), y presencia de calcio (42.12 mg/100g), fósforo (131.06 mg/100g) y vitamina C (5.01 mg/100g), además, determinó un coeficiente de digestibilidad de materia seca del 41.63 %. Así mismo Clemente *et al.* (2003), en su evaluación del valor nutricional de la puya llatensis, siguiendo el método descrito por la AOAC (1990) registró 2.3% de proteína, 0.75% de grasa, 15.43% de fibra cruda, 70.43% de extracto libre de nitrógeno, 11.07% de cenizas, 0.04 y 0.38% de calcio y fósforo respectivamente en base seca; además un coeficiente de digestibilidad aparente de materia de seca de 75.96%.

Cárdenas (2016), evaluó el valor nutricional del heno de sunchu (*Viguiera lanceolata*) en estado floral como una alternativa alimentaria para cuyes, sus resultados revelaron que el heno de sunchu posee 85,20 % de materia seca, 89,49 % de materia orgánica, 13,31 % de proteína cruda obtenido por el método Dumas, 2,56 % de grasa por el método de extracción con fluidos super críticos; 73,62 % de carbohidratos y 10,51 % de ceniza; en cuanto a los coeficientes de digestibilidad, se encontraron valores de 74,96 % para materia seca y 74,89 % para materia orgánica; estos hallazgos indican que el sunchu es una opción nutricionalmente valiosa y altamente digestible para los cuyes.

Por otro lado, Ocampo (2015) en cuanto a la caracterización químico nutricional del sunchu obtenido a partir del análisis proximal, reporta un contenido proteico de: 26.43 % por el método Kjeldahl, grasa 6.37 % por el método de hidrólisis ácida, extracto libre de nitrógeno 18.05%, fibra 27.88 %, cenizas 11.49 % y Vitamina C 530 mg/kg.

En el estudio de Castillo (2013), se caracterizó la composición proximal de dos variedades de ñuña, la variedad pava y la variedad maní, ambas procedentes del distrito de Sarín, donde los análisis revelaron que la variedad maní presentó un mayor contenido de proteínas (20.23%) en comparación con la variedad pava

(18.92%) por el método Kjeldahl. Además, se evaluaron otros componentes como grasa (1.35% en maní y 1.32% en pava) por el método de Soxhlet, fibra (3.24% en maní y 3.26% en pava) por el método Henneberg y cenizas (3.33% en maní y 3.49% en pava), destacando las diferencias en la composición entre ambas variedades.

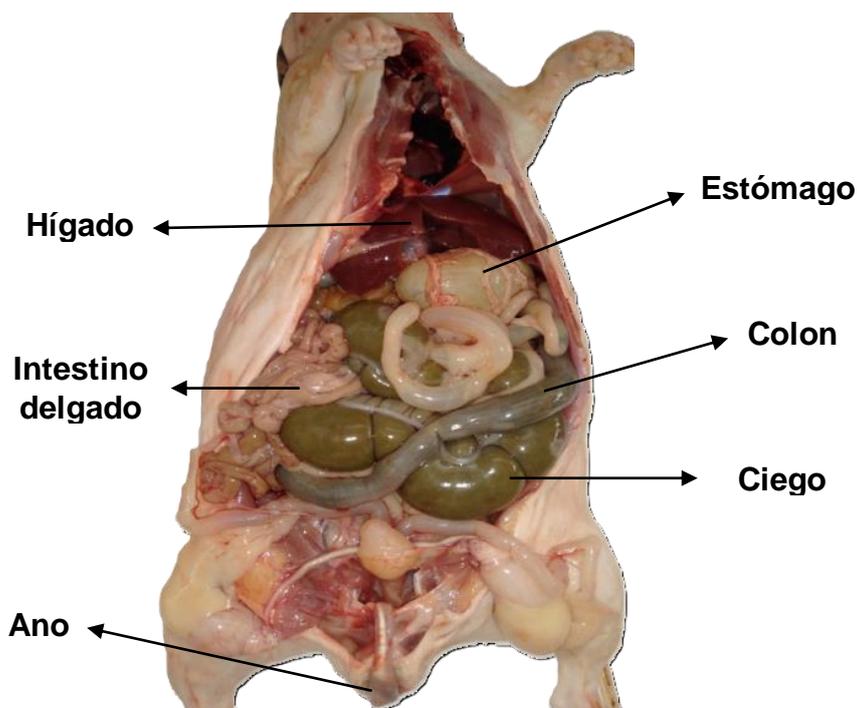
Así mismo, Meneses (1994) en cuanto a las características químicas de la ñuña variedad pava presenta valores en base seca de 23.09 % de proteína, 1.42 % de grasa, 2.32 % de fibra y cenizas 4.87 %. Por otro lado, Díaz (2013) evaluó el rendimiento productivo de cuyes alimentados con dietas que incluían un 5 % y 7,5 % de harina de frijoles (*Phaseolus vulgaris* L.), los resultados mostraron que las ganancias diarias de peso fueron de 11,88 g y 12,31 g por cuy, respectivamente; además, se observó un consumo de materia seca de 50,00 g y 51,30 g por cuy al día, con una conversión alimenticia de 4,27 y 4,29, respectivamente.

Antunes *et al.* (1994) estudiaron la digestibilidad *in vivo* de cuatro variedades de frijol, específicamente las variedades Rico 23, Rosinha-G2, Carioca y Piratã-1, en ratas (*Rattus norvegicus*, linaje Wistar), la digestibilidad de las proteínas cocidas osciló entre 50.0% y 69.5%, siendo la más alta en la variedad Piratã-1. Adicionalmente Avalos (2001), utilizando frijoles endurecidos por el almacenamiento, pero tratados térmicamente, reportó 75.01% de digestibilidad para la materia seca en dietas para postlarvas de camarón.

3.2. FISIOLÓGÍA DIGESTIVA DEL CUY

El cuy, un animal herbívoro monogástrico, tiene un estómago donde comienza la digestión enzimática y un ciego funcional donde tiene lugar la fermentación bacteriana por acción de los microorganismos, es así como podemos decir que posee dos digestiones, una enzimática y otra microbiana de fermentación post gástrica (Chauca de Zaldívar, 1997). Un alimento que es ingerido por el cuy llega al estómago donde hay acción enzimática que permite degradar parte de los carbohidratos y proteínas sin alcanzar los niveles glucosa y aminoácidos (Ramos, 2014), ya en el intestino delgado el quimo es recibido y los jugos pancreáticos conjuntamente con la bilis continúan la digestión de los nutrientes, los carbohidratos, grasas y proteínas se descomponen en formas más simples por enzimas pancreáticas, ocurre la absorción de los nutrientes digeridos a la sangre a través de las vellosidades intestinales Calero del Mar (1978); Ramos (2014), gran

parte de los alimentos no tarda más de dos horas para llegar al ciego, donde puede permanecer hasta 48 horas, siendo mucho más lenta que en el intestino, la celulosa retarda el paso del contenido intestinal permitiendo una mejor eficiencia en la absorción de nutrientes (Chauca de Zaldívar, 1997). La digestión en el ciego es producto de la actividad microbiana, principalmente se degrada la celulosa por acción de la celulasa simplificando a celobiosa y beta glucosa para ser utilizada como fuente energética García (2012), de este proceso fermentativo se obtienen ácidos grasos de cadena corta, proteína microbiana y algunas vitaminas del complejo B, la absorción de ácidos grasos de cadenas cortas se realiza principalmente en el ciego y el colon próximo, mientras que la absorción de los ácidos grasos de cadena larga, azúcares, aminoácidos, vitaminas y minerales se produce en el intestino delgado y en una pequeña extensión del estómago (Usca *et al.*, 2022). Además, los cuyes desarrollan un mecanismo de compensación biológica a través de la cecotofía y sirve para reciclar el nitrógeno, lo que hace que esta especie tenga un buen comportamiento productivo con raciones proteicas bajas o moderadas (Chauca de Zaldívar, 1997). La Figura 1 exhibe las partes del sistema digestivo del cuy.



Fuente: Laboratorio de Nutrición, Ciencia y Tecnología de Alimentos - UNSAAC (2021)
Figura 1. Partes del Sistema Digestivo del Cuy

3.3. ALIMENTACIÓN DEL CUY

El cuy es un animal herbívoro monogástrico, su alimentación es un criterio muy importante para el éxito de la producción, por lo que se debe garantizar la disponibilidad de forraje todo el año; así como se debe escoger y combinar adecuadamente los alimentos teniendo en cuenta los nutrientes que estos aportan con el fin de obtener una dieta balanceada que logre la eficiencia nutritiva y productiva del animal (Vivas y Carballo, 2013). La alimentación de los cuyes es muy versátil y se basa principalmente en el consumo de recursos forrajeros disponibles en cada zona, para lograr una mayor eficiencia nutricional la oferta de estos recursos debe de ser en el momento óptimo de cada especie, es decir cuando tenga un buen balance de nutrientes (Cardona *et al.*, 2020). Los alimentos secos son aquellos que poseen entre el 1 y 8 % de humedad, también son ofrecidos en la dieta de los cuyes como henos o harinas, la mayoría de estos insumos son utilizados en la formulación de balanceados y se pueden clasificar como insumos proteicos, energéticos y de volumen; el uso de balanceados en la alimentación ha alcanzado mejores rendimientos productivos y reproductivos en cuyes (Ramos, 2014).

3.4. SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN

Los sistemas de alimentación en cuyes se acomodan a la disponibilidad de recursos alimenticios que posee el productor, la utilización de forrajes y balanceados hacen que la alimentación de esta especie sea variada (Chauca de Zaldívar, 1997). Los sistemas de alimentación que se maneja son:

Alimentación con forrajes

El cuy, siendo una especie herbívora, basa su dieta principalmente en forraje verde debido a su alta palatabilidad, y este tipo de alimentación proporciona vitamina C, que es un nutriente esencial, así como agua y otros nutrientes, sin embargo, depender únicamente del forraje verde limita la disponibilidad de todos los nutrientes necesarios, lo que impide que los cuyes alcancen su máxima productividad, y además, este sistema de alimentación depende de la disponibilidad del forraje en el campo (Vivas y Carballo, 2013).

Alimentación con forrajes y balanceado (mixta)

Este sistema se basa en el suministro de forraje más la adición de alimento balanceado, este último como aporte suplementario de nutrientes, con este sistema se logra una eficiencia nutritiva y productiva (Vivas y Carballo, 2013).

El déficit hídrico, tanto de riego y lluvia en algunas zonas hace difícil la disposición de forraje durante todo el año es así como uno de los métodos para resolver este problema es la utilización de concentrados como suplementos alimenticios buscando fijar la ración media en lo más equilibrado posible (Usca *et al.*, 2022).

Alimentación con balanceado y Vitamina C

Usca *et al.* (2022), indican que si se usara balanceados como única fuente de alimento, se requerirían cantidades que satisfagan al animal y bajo estas condiciones la ingesta debería oscilar entre 40 y 60 gramos diario por animal dependiendo a la calidad de la dieta; el contenido de la fibra dietética debe estar entre un mínimo de 8 % y un máximo del 18 %, así mismo, es necesario suministrar vitamina C al utilizar este sistema de alimentación, se recomienda ofrecer el alimento en forma de pellet para mejorar su aprovechamiento, acompañado siempre de agua fresca.

3.5. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DEL CUY

Como en toda producción animal, la nutrición es fundamental ya que un adecuado suministro de nutrientes se traduce en mayor productividad; saber cuáles son las exigencias y/o requerimientos nutricionales de un animal permite formular dietas balanceadas que satisfagan todas sus necesidades en los diferentes estados fisiológicos (Chauca de Zaldívar, 1997). Elementos como proteínas, aminoácidos, vitaminas, minerales, fibra, ácidos grasos esenciales y agua no deben faltar en la dieta del cuy; los requerimientos nutricionales varían según la edad, el estado fisiológico, el genotipo y el ambiente en el que se lleva a cabo la crianza (Usca *et al.*, 2022). La tabla 1 presenta valores de requerimientos nutricionales según la etapa fisiológica del cuy y son de guía para el adecuado suministro de dietas

Tabla 1. Requerimientos nutricionales del cuy

Nutrientes	Unidad	(NRC, 1995)	(Vergara, 2008)			
			Inicio	Crecimiento	Acabado	Gest&Lact
Proteína Cruda	(%)	18	20	18	17	19
Energía digestible	(kcal/kg)	3000	3000	2800	2 700	2900
Fibra Cruda	(%)	15	6	8	10	12
Calcio	(%)	0.8	0.8	0.8	0.8	1
Fósforo	(%)	0.4	0.4	0.4	0.4	0.8
Vitamina C	(mg/100g)	20	30	20	20	20

Fuente: NRC (1995); Vergara (2008)

3.6. ACHUPALLA (*Puya ferrugínea*)

La achupalla es una planta perenne que pertenece a la familia Bromeliaceae, del género puya, su estructura se compone de hojas largas y estrechas dispuestas en una forma de roseta, las hojas están cubiertas por pequeñas espinas afiladas, lo que le confiere una apariencia resistente y espinosa, el diámetro de la roseta de hojas también puede ser considerable, dependiendo de la edad y las condiciones de crecimiento, su inflorescencia emerge desde el centro de la roseta de hojas en forma panículada y está cubierta con escamas escábridas ferruginosas, de bráctea floral anchamente ovada y con el ápice agudo (Ayasta *et al.*, 2021), el color de sus flores va del blanco verdoso a purpuras (Hinojosa y Ochoa, 2022). En la Tabla 2 se presenta la clasificación taxonómica.

Tabla 2. Clasificación taxonómica de la achupalla (*Puya ferrugínea*)

Clasificación científica	
Reino	Plantae
Filo/División	Tracheophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Poales
Familia	Bromeliaceae
Género	Puya
Epíteto específico	Ferrugínea
Nombre genérico	Puya
Nombre científico	Puya ferrugínea (Ruiz & Pav) L B Sm

Fuente: Govaerts (2022).

Según Brako (1993) citado por Ayasta *et al.* (2021), la distribución de la *Puya ferrugínea* está reportada en países andinos como Ecuador, Perú y Bolivia encontrándose en varios departamentos del Perú a través de la cordillera de los andes, en zonas escarpadas, áridas y de acceso restringido. En la región del Cusco se encuentra ampliamente distribuida, con un rango de distribución altitudinal mayor entre las especies de puyas, con registros en 12 provincias entre los 1000 a 4000 m.s.n.m. (Hinojosa y Ochoa, 2022).

Por las particularidades del entorno de vida casi inaccesible, se puede decir que no está en peligro, lo que de alguna manera garantiza su protección (Ayasta *et al.*, 2021). Entre sus usos más comunes destaca en la alimentación complementaria de caprinos y cobayos, así mismo, es utilizada como fuente de combustible (Cuba, 2014).

3.7. SUNCHU (*Viguiera Lanceolata*)

Es una especie de planta herbácea de la familia Asteraceae que posee un tallo erecto simple pudiendo estar ramificado en la parte superior, con hojas, dispuestas de manera alterna a lo largo de los tallos, lanceoladas, estrechas, alargadas y de color verde oscuro y de bordes dentados, produce inflorescencias con flores amarillas brillantes que parecen margaritas, después de la floración, la planta produce semillas que son pequeños frutos secos con forma de aquenios o cipselas de color oscuro; el sunchu se establece en bordes de parcelas de cultivo,

caminos, ríos, acequias, praderas y pastizales, en suelos secos y pedregosos con un buen drenaje, prosperando así en una amplia gama de entornos dentro de su área de distribución; la percepción del sunchu por los agricultores es buena e indican que cuando una planta se encuentra dentro de un cultivo esta es retirada y trasplantada en el perímetro del predio como cerco protector o la llevan a laderas y bordes de acequias con el propósito de impedir la erosión de los suelos (Gonzales, 2006).

El sunchu es poco estudiado pese a poseer una destacada calidad forrajera, es principalmente utilizada para la alimentación animal, representando el 30-40 % de la dieta diaria durante la estación lluviosa en las comunidades rurales del ámbito de su distribución en el país, se utiliza en estado fenológico de botón floral o inicio de floración, pasado este estado existe un rechazo notorio por el animal y solo consumen sus hojas debido a su maduración y mayor contenido de fibra (Gonzales, 2006).

Ocampo (2015), reportó rendimientos del cultivo de sunchu de 34.22 TM de forraje verde y de 11.23 TM de heno molido por corte por hectárea bajo el sistema de propagación por semilla. Por otro lado, Gonzales (2006), reportó rendimientos de 11 a 24.25 TM de forraje verde y de 1.85 a 4.51 TM de materia seca por hectárea y corte bajo propagación por esquejes; los rebrotes son rápidos y se puede lograr hasta cuatro cortes anualmente.

3.8. ÑUÑA (*Phaseolus vulgaris* L.)

La ñuña o frijol reventón, también conocida como poroto del vocablo quechua p'urutu es una planta cultivada por los agricultores de la zona andina de América del sur, en zonas sin presencia de heladas, correspondiente a pisos agroecológicos de yunga y quechua (FAO, 2018) siendo de esta manera encontrada con mayor incidencia en los departamentos de Ancash, Apurímac, Ayacucho, Cajamarca, Cusco, Huánuco y La Libertad, desde los 1900 a 2900 m.s.n.m. (Santa Cruz y Vásquez, 2021).

Botánicamente se caracteriza por ser una leguminosa de habito de crecimiento tipo IV, correspondiente a indeterminado trepador alcanzando alturas hasta los tres metros, de sistema radicular superficial dotada de una raíz principal, secundarias, terciarias y pelos absorbentes donde se encuentran nódulos

simbióticos con bacterias del género rhizobium fijadoras de nitrógeno atmosférico a la tierra, es de tallo largo que desarrolla ramificaciones laterales, de hojas compuestas, alternadas de tres folíolos, inflorescencia papilionácea auto fecundable y con fruto en forma de vaina que alberga las semillas (FAO, 2018).

En sistemas de monocultivo, se recomienda el uso de tutorado con alambre y postes para favorecer el crecimiento y la cosecha, el método de siembra de la ñuña puede realizarse manualmente o con maquinaria agrícola, utilizando distanciamientos de 0.4 m entre plantas y 1.0 m entre surcos, con una profundidad de 4-7 cm, lo que facilita las labores culturales y reduce problemas fitosanitarios. En asociación con maíz, aunque este sistema es ventajoso porque el tallo del maíz actúa como tutor, se debe ajustar el distanciamiento de los golpes y surcos (90 cm entre golpes de tres semillas y 80 cm entre surcos) y ubicar las semillas de ñuña entre los golpes de maíz para evitar competencia por luz y nutrientes; además, se recomienda sembrar en suelos con materia orgánica superior al 2 %, preferiblemente húmedos hasta 20 cm de profundidad, y tratar las semillas con insecticidas y fungicidas para prevenir plagas y enfermedades (Santa Cruz y Vásquez, 2021). Este manejo adecuado garantiza el establecimiento y desarrollo óptimo del cultivo, minimizando los riesgos de ahogamiento en sistemas asociados. La clasificación taxonómica de la ñuña se encuentra detallada en la tabla 3.

Tabla 3. Clasificación taxonómica de la ñuña (*Phaseolus vulgaris* L.)

Clasificación científica	
Reino	Plantae
Subreino	Tracheobionta
Súper división	Spermatophyta
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Rosidae
Orden	Fabales
Familia	Leguminosae (Fabaceae)
Subfamilia	Faboideae (Papilionoideae)
Género	Phaseolus
Especie	Phaseolus vulgaris L.

Fuente: Simpson (2019)

Las ñuñas a diferencia del frijol común, tienen la capacidad de expandirse y abrirse después de ser tostada, posee una gran diversidad genética reflejada principalmente en su expansión, rendimiento, reventado, tamaño, forma y color de semilla (Santa Cruz y Vásquez, 2021). En el Centro Internacional de Agricultura Tropical hay 305 accesiones de ñuña, de las cuales 283 pertenecen a Perú y 22 a Bolivia (Tohme *et al.*, 1995). El INIA mantiene 146 accesiones de ñuña lo que demuestra que todavía hay mucho trabajo por hacer en la recolección de estas especies en el país (Santa Cruz y Vásquez, 2021).

La ñuña es un alimento de buena calidad por su alto valor nutritivo, sin embargo, posee lectinas e inhibidores de proteasas, factores anti nutricionales que pueden ser disminuidos mediante el proceso de tostado, (Van Beem *et al.*, 1992). Así mismo se encuentran taninos, sustancias consideradas anti nutricionales que afectan a la digestibilidad de la proteína (Chung *et al.*, 1998) encontrándose con mayor incidencia o presencia en ñuñas de color, mientras que en las de coloración clara o blancas existe una carencia (Ma y Bliss, 1978).

3.9. DIGESTIBILIDAD

El valor potencial de aporte de nutrientes de un alimento para la alimentación de un animal puede determinarse mediante un análisis químico, sin embargo, su valor efectivo se conoce después de tener en consideración las pérdidas durante la digestión, absorción y metabolismo del alimento, es así que, la digestibilidad de un alimento puede estar definido como la cantidad de nutrientes que no ha sido excretado y por lo tanto es considerado retenida, absorbida y asimilado por el tracto digestivo del animal (McDonald *et al.*, 1999).

La digestibilidad de los alimentos está influenciada por diversos factores, tanto del alimento como del animal que lo consume; la composición química, especialmente la cantidad y tipo de fibra, es clave, y las interacciones entre alimentos en una ración pueden reducir la digestibilidad, como ocurre cuando forrajes de baja calidad se combinan con concentrados ricos en almidón; los tratamientos físicos y térmicos, como la molienda y cocción, también impactan, mejorando o disminuyendo la digestión de ciertos componentes (McDonald *et al.*, 2013). Además, la especie y edad de animal juega un rol importante, ya que especies rumiantes digieren mejor los alimentos fibrosos, mientras que, en no

rumiantes, como los cuyes, la fibra es menos digestible, por otro lado, aquellos animales que ya han completado su desarrollo anatómico y fisiológico tienden a tener un mayor aprovechamiento de los alimentos ingeridos (Huarco, 2012).

3.10. DIGESTIBILIDAD APARENTE (D.A)

Las heces no se componen únicamente de residuos de alimentos que no han sido digeridos, sino que también contienen sustancias de los tejidos corporales (células intestinales exfoliadas, secreciones digestivas) y microorganismos del intestino, por lo tanto, la diferencia entre la ración consumida y las heces excretadas se define como el alimento aparentemente digerido (Bondi, 1988), la digestibilidad aparente de puede calcular mediante la siguiente fórmula.

$$D. A. = \frac{\text{Consumo} - \text{heces}}{\text{consumo}} \times 100$$

3.11. DIGESTIBILIDAD VERDADERA (D.V)

La digestibilidad verdadera o también llamada digestibilidad real es la diferencia entre lo consumido y lo que queda en las heces, menos los productos metabólicos (Bondi, 1988). Los productos metabólicos son sustancias excretadas que no proceden directamente del alimento ingerido, está compuesto por enzimas, elementos minerales segregados al intestino, microorganismos y células desprendidas la de la mucosa intestinal (McDonald *et al.*, 1999).

$$D. V. = \frac{\text{Consumo} - (\text{heces totales} - \text{heces metabolicas})}{\text{consumo}} \times 100$$

3.12. DIGESTIBILIDAD POR DIFERENCIA

Church *et al.* (2002), señalan que cuando se pretende determinar la digestibilidad de un alimento que no es usualmente usado en la alimentación de esa especie o se considera que no se puede suministrar completamente en la dieta, es aconsejable suministrar una dieta básica (que aporte nutrientes mínimos

necesarios para las actividades básicas vitales del organismo animal) más el alimento en prueba a evaluar en uno o más niveles, para finalmente usar la fórmula de digestibilidad por diferencia descrita por (Villamide, 1996):

$$CD = \frac{100(M - B)}{S} + B$$

CD: Coeficiente de digestibilidad de alimento en prueba

M: Coeficiente de digestibilidad de la dieta completa

B: Coeficiente de digestibilidad de la dieta basal

S: Sustitución porcentual del alimento en prueba de la mezcla

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 LUGAR DE EXPERIMENTACIÓN

El presente trabajo de investigación se realizó en el Centro Agronómico K'ayra de la Facultad de Agronomía y Zootecnia de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC), en la sala de investigación en bioenergética de cuyes (SIBEc), ubicada en el distrito de San Jerónimo, provincia de Cusco, departamento Cusco, a una altitud media de 3 201 m.s.n.m. y cuyas coordenadas geográficas son: Latitud sur 13° 33' 09"; longitud oeste 71° 52' 29" (Meteoblue, s.f.).

4.2 MATERIALES Y EQUIPOS

4.2.1 MATERIAL BIOLÓGICO

Para llevar a cabo este estudio, se utilizaron 37 cuyes machos de tipo I de la línea Perú con un peso promedio de 830.68 ± 19.45 gramos, adquiridos de una granja comercial localizada en el distrito de Lamay de la Provincia de Calca (Anexo 1). Los animales fueron mantenidos en condiciones controladas en la SIBEc durante todo el período de evaluación.

4.2.2 MATERIALES DE CAMPO

- Cierra de arco 12"
- Tijera de podar 8"
- Cegadoras
- Guantes de cuero
- Arpillera blanca
- Malla raschel sombra 80 %
- Jaulas metabólicas individuales de 0.38 m de largo * 0.30 m de ancho * 0.32 m de alto
- Comederos de plástico horizontales
- Bebederos automáticos tipo chupón
- Recipientes de plástico
- Marcador indeleble
- Guantes de látex desechable
- Bolsas de papel kraft

- Bolsas con cierre hermético ziploc
- Artículos de limpieza
- Contenedor de cierre hermético

4.2.3 MATERIALES LABORATORIO

- Bandejas de muestras de aluminio
- Crisoles de porcelana
- Espátula de laboratorio
- Pinzas para crisol
- Desecador de laboratorio

4.2.4 EQUIPOS DE CAMPO

- Molino de martillos
- Peletizadora Kumamoto, YC-12M-4 / 3.0 HP
- Termohigrómetro digital ISOLAB

4.2.5 EQUIPOS DE LABORATORIO

- Espectrómetro infrarrojo cercano NIR (Perkin Elmer DA 7250)
- Estufa de convección forzada (Binder FED720)
- Balanza analítica de precisión (Sartorius Quintix 224-1S)
- Molino de cuchillas (Foss Knifetec KN 295)
- Mufla eléctrica (Protherm Furnaces ECO 110/9)
- Mufla eléctrica (Nabertherm LE6/11)

4.2.6 INSUMOS EXPERIMENTALES

- Achupalla (*Puya ferrugínea*)

Para obtención de harina de achupalla, inicialmente se realizó la cosecha en los rodales de puya dentro de la provincia de Urubamba, utilizando guantes de cuero y arco de cierra 12" ejecutando un corte a una altura promedio de 15 cm, asegurando no comprometer el meristemo apical de la puya para así garantizar la regeneración de nuevas estructuras, como los brotes.

Una vez recolectada, la achupalla se cortó en pequeños trozos de cinco cm para facilitar la liberación de humedad. Luego, se sometió a un proceso de oreado bajo sombra sobre una arpillera y protegida por un techo de malla raschel con un

80 % de sombra. Posteriormente, se completó el secado en una estufa de convección forzada a una temperatura de 50°C durante 48 horas.

Finalmente, después de completar el proceso de secado, la achupalla se sometió a molienda utilizando un molino de martillos. Este paso aseguró la reducción de la achupalla a un tamaño adecuado para su posterior procesamiento. Una vez molida, la achupalla se peletizó utilizando una máquina granuladora de alimentos. Este proceso de peletizado consistió en compactar la harina de achupalla en forma de pellets o gránulos, lo que facilitó su manejo y almacenamiento, además de mejorar su utilización.

- Sunchu (*Viguiera lanceolata*)

El sunchu fue recolectado cuidadosamente de los bordes de parcelas agrícolas en la provincia de Urubamba, seleccionando plantas en estado fenológico de prefloración o inicio de botón floral. El corte se realizó a una altura promedio de 20 cm, ajustándose según el área foliar de cada planta para garantizar su regeneración.

Para obtener la harina de sunchu, primero se llevó a cabo el proceso de henificación mediante el oreado y secado en sombra durante un período de 14 días. Este método permitió eliminar la humedad de manera gradual, preservando al máximo las propiedades nutricionales y organolépticas de la planta. Una vez completado el secado, se procedió a la molienda en un molino de martillos, donde la planta se redujo a un tamaño adecuado para su procesamiento posterior. Finalmente, la harina resultante fue peletizada utilizando una máquina granuladora de alimentos.

- Ñuña (*Phaseolus vulgaris* L.)

Se empleó el eco tipo de ñuña vaquita roja de aptitud agroindustrial baja, la cual fue cultivada en el valle sagrado en asociatividad con un cultivo de maíz. Para obtener la harina de ñuña, se llevó a cabo un proceso de tostado preliminar durante diez minutos a una temperatura de 130°C en una tostadora giratoria tipo trompo. La metodología de tostado empleada en esta investigación se realizó tomando como referencia el procedimiento utilizado por la Dirección Regional de Agricultura y Riego Cusco en el Centro de Producción de Reproductores de Cuyes de

Huayllapampa; se recurrió a esta metodología como base adaptativa, considerando las condiciones y prácticas empleadas en la región.

Posteriormente, se procedió con la molienda de la ñuña tostada, asegurando la reducción de la materia prima a un tamaño adecuado para su procesamiento. Finalmente, la harina resultante junto a otros ingredientes fue peletizada en una máquina granuladora de alimentos, lo que permitió obtener pellets compactos y uniformes.

4.3 METODOLOGÍA

4.3.1 INSTALACIONES

La experimentación se realizó en la sala de investigación en bioenergética para cuyes (SIBEc) del laboratorio de Nutrición, Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Escuela Profesional de Zootecnia de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, donde se utilizó 37 jaulas individuales de 0.38 m de largo * 0.30 m de ancho * 0.32 m de alto, equipada con comederos de plástico rectangulares, bebederos automatizados tipo chupón y una malla colectora de heces.

4.3.2 TRATAMIENTOS

En el presente trabajo de investigación se estableció siete tratamientos, un tratamiento de dieta base o referencial, dos tratamientos con inclusión de achupalla, dos tratamientos con inclusión de sunchu y dos tratamientos con inclusión de ñuña. Cada uno de estos tratamientos presenta diferentes niveles de inclusión de los insumos estudiados, según se detalla en la tabla 4.

Tabla 4. Fórmulas de las dietas experimentales

Tratamientos	Dieta basal	Insumo experimental	
T1	100 %	-	
T2	70 %	30 %	Achupalla (<i>Puya ferrugínea</i>)
T3	-	100 %	Achupalla (<i>Puya ferrugínea</i>)
T4	70 %	30 %	Sunchu (<i>Viguiera lanceolata</i>)
T5	-	100 %	Sunchu (<i>Viguiera lanceolata</i>)
T6	85 %	15 %	Ñuña (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)
T7	70 %	30 %	Ñuña (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)

4.3.3 PREPARACIÓN DE LAS DIETAS

Para el presente estudio, se preparó una dieta base, formulada acorde a los requerimientos nutricionales y etapa fisiológica del cuy, que sirvió de matriz para preparar las dietas que incluían la adición de insumos experimentales (achupalla, sunchu y ñuña) en diferentes proporciones, como se indica en la tabla 4.

Los ingredientes que se utilizaron en la dieta base (tabla 5) fueron cuidadosamente pesados y mezclados para garantizar una distribución homogénea de nutrientes siguiendo las proporciones detalladas. Luego se combinó con la harina de los insumos experimentales de manera manual hasta alcanzar una homogeneidad adecuada. Cada tratamiento fue mezclado en recipientes limpios utilizando palas de mano, asegurando que la mezcla fuera uniforme en toda la preparación. La composición química de estas dietas obtenidas es observable en la tabla 6.

Una vez que las dietas se mezclaron de manera homogénea, se sometieron a un proceso de peletizado para facilitar la administración y consumo por parte de los cuyes. Los pellets obtenidos fueron enfriados a temperatura ambiente y almacenados en recipientes herméticos de plástico opaco para protegerlos de la luz y la humedad en un lugar fresco y seco sobre un pallet de madera para prevenir la contaminación cruzada asegurando que las dietas mantuvieran su calidad nutricional durante todo el proceso experimental.

Tabla 5. Insumos utilizados en la fórmula de la dieta basal (base fresca)

Ingrediente	(%)
Maíz	10.000
Cebada	31.016
Alfalfa	12.383
Torta de soya	11.677
Afrecho de trigo	32.308
Aceite	0.357
Carbonato de calcio	0.888
Fosfato di cálcico	0.818
Sal	0.241
DI-metionina	0.033
Lisina	0.029
Bicarbonato de sodio	0.150
Premix	0.100
TOTAL	100.00

Tabla 6. Composición química de las dietas experimentales (base seca)

Nutriente	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Proteína (%)	18.66	15.93	7.24	15.27	25.27	18.56	20.03
Grasa (%)	2.48	2.10	2.51	1.74	3.31	1.99	1.37
Fibra cruda (%)	7.91	15.58	36.61	14.23	47.51	6.82	5.72
FDN	27.44	43.56	49.33	36.84	42.48	22.88	18.85
FDA	23.73	35.77	30.58	31.90	21.29	20.15	17.37
Cenizas (%)	4.71	5.96	5.25	5.26	7.31	4.68	5.46
Fosforo (%)	0.44	0.52	0.15	0.07	0.23	0.39	0.44
Calcio (%)	2.26	2.57	0.22	3.85	0.43	2.31	2.59

Leyenda: T1: 100 % Dieta basal, T2: 70 % Dieta basal + achupalla 30 %, T3: 100 % achupalla, T4: 70 % Dieta basal + sunchu 30 %, T5: 100 % sunchu, T6: 85 % Dieta basal + 15% ñuña, T7: 70 % Dieta basal + 30 % ñuña

Fuente: Laboratorio de Nutrición, Ciencia y Tecnología de Alimentos (2023)

4.3.4 PERIODO PRE EXPERIMENTAL

El período preexperimental tuvo una duración de 13 días y se dedicó a la adaptación de los cuyes a las dietas experimentales, a las jaulas metabólicas y a las nuevas condiciones de manejo, en esta etapa se inició con 42 unidades experimentales y posteriormente se retiró cinco de ellas ya que no terminaron de adaptarse a las condiciones antes mencionadas, especialmente en las dietas que incluían ñuña. Esto resultó en 37 unidades experimentales disponibles para la continuación del estudio.

Además, este período fue fundamental para eliminar el contenido alimenticio previamente ingerido en el tracto digestivo de los cuyes, un aspecto crucial para la etapa experimental y se estima que el tiempo necesario para que un alimento atraviese el tracto digestivo de animales monogástricos varía entre uno y tres días (Bondi, 1988).

Cabe mencionar que, durante este período, se implementó un plan de alimentación gradual, inicialmente se suministró el alimento habitual de los cuyes (alfalfa y balanceado). Posteriormente, se redujo progresivamente la cantidad de este alimento habitual, introduciendo las dietas experimentales en incrementos del 15 % hasta alcanzar la dieta experimental al 100 %.

4.3.5 PERIODO EXPERIMENTAL

El período experimental tuvo una duración de siete días. Durante este tiempo, se suministraron las dietas experimentales y se evaluaron varios parámetros clave, tales como el consumo diario de alimento, residuos, la producción de heces y las condiciones ambientales del espacio experimental. Además, se realizaron tomas diarias de muestras de alimento y se registró los pesos vivos de los cuyes tanto al inicio como al finalizar el período experimental.

4.3.6 SUMINISTRO DE ALIMENTO Y AGUA

El alimento se ofreció a las 7:00 horas de la mañana cada día *ad libitum* a todas las unidades experimentales, realizando un registro diario de alimento ofrecido y de alimento rechazado. De igual forma, el agua de bebida se proporcionó *ad libitum* con la adición de vitamina C mediante los bebederos tipo chupón.

4.3.7 OBTENCIÓN DE MUESTRAS

La recolección de heces se realizó diariamente antes del suministro de alimento, durante los siete días que comprendieron el período experimental, utilizando los materiales y equipos adecuados para este procedimiento. Una vez colectadas, las heces fueron cuidadosamente limpiadas con la ayuda de pinzas para eliminar cualquier residuo de alimento, pelaje o piel de los cuyes, así como otros agentes que pudieran alterar su composición química. Posteriormente, se pesaron de inmediato y se guardaron en bolsas rotuladas de papel kraft.

4.3.8 SECADO Y MOLIENDA DE MUESTRAS

Las muestras de heces y las muestras de alimento diario fueron sometidos a un proceso de secado para eliminar el contenido de humedad y asegurar la homogeneidad de las muestras antes del análisis. Este procedimiento se realizó utilizando una estufa de convección forzada durante 48 horas a una temperatura constante de 60°C. Este método garantiza que la humedad sea completamente eliminada sin afectar la composición química de los nutrientes presentes.

Después del secado, las muestras fueron molidas utilizando un molino de cuchillas para obtener un tamaño de partícula homogéneo, lo cual es esencial para asegurar la precisión en los análisis posteriores. Las muestras molidas fueron almacenadas en bolsas herméticas tipo Ziploc rotuladas adecuadamente y conservadas en un ambiente controlado para evitar la contaminación o la absorción de humedad.

4.3.9 DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICO NUTRICIONAL

Para el análisis de la composición químico-nutricional de los insumos experimentales (achupalla, sunchu y ñuña), se utilizó un espectrómetro de infrarrojo cercano (NIRS), el cual permite realizar un análisis rápido, no destructivo y preciso de los componentes nutricionales, proporcionando datos confiables y consistentes sobre la composición nutricional de los insumos evaluados.

4.3.10 DETERMINACIÓN DE MATERIA SECA

La determinación de la materia seca (MS) de las muestras se realizó utilizando el método gravimétrico, basado en la pérdida de peso por secado.

Inicialmente, las muestras fueron pesadas en una balanza analítica de precisión. Posteriormente, se sometieron a secado en una estufa de convección forzada a una temperatura de 105°C durante tres horas, siguiendo el método NFTA 2.1.4 (2006). Tras el secado, se registró el peso final de las muestras para calcular el contenido de materia seca mediante la diferencia del peso inicial con el peso final.

4.3.11 DETERMINACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA

La materia orgánica (MO) de las muestras fue determinada a través del método de incineración en mufla, que permite la cuantificación del contenido orgánico mediante la combustión completa de la materia orgánica presente en las muestras. Las muestras previamente secadas y pesadas fueron incineradas en muflas eléctricas a una temperatura de 600°C durante dos horas, siguiendo el protocolo establecido por la AOAC (2005), 942.05. Al finalizar la incineración, se determinó el peso de las cenizas, lo que permitió calcular el contenido de materia orgánica como la diferencia entre la materia seca inicial y el peso de las cenizas obtenidas. Este procedimiento asegura la eliminación completa de la materia orgánica, proporcionando un cálculo preciso del contenido orgánico de los insumos estudiados.

4.3.12 DETERMINACIÓN DE COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDAD

La determinación del coeficiente de digestibilidad aparente (CDA) se realizó considerando el 100 % de materia seca. Para ello, se utilizó la ecuación del método directo propuesta por (Crampton & Harris, 1974); que se expresa como:

$$\text{Coef.Dig.Ap.(%)} = [(\text{Nutriente ingerido (g)} - \text{Nutriente de las heces(g)}) / \text{Nutriente Ingerido (g)}] * 100$$

Esta fórmula se aplicó a todos los tratamientos experimentales para calcular la digestibilidad aparente de materia seca y materia orgánica.

Para determinar el porcentaje de digestibilidad específico de los insumos experimentales (achupalla, sunchu y ñuña) cuando se incluyeron en las dietas en distintas proporciones (T2: achupalla 30 %, T4: sunchu 30 %, T6: ñuña 15 % y T7:

ñaña 30 %), se utilizó la fórmula de digestibilidad por diferencia, según el método descrito por (Villamide, 1996) expresado de la siguiente manera:

$$CD = [100 (E - B) / S] + B$$

Donde:

- **CD:** Coeficiente de digestibilidad del insumo en estudio.
- **E:** Coeficiente de digestibilidad de la dieta experimental (mezcla).
- **B:** Coeficiente de digestibilidad de la dieta base.
- **S:** Porcentaje de inclusión del insumo en estudio dentro de la dieta.

4.3.13 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se utilizó un diseño estadístico completamente al azar (DCA), constituido por siete tratamientos experimentales. Este diseño es adecuado para minimizar el efecto de las variables no controladas y asegurar que las diferencias observadas se deban a los tratamientos aplicados. La comparación de promedios entre los tratamientos se realizó mediante la prueba estadística de Tukey, con un nivel de confianza del 95 %. Esta prueba permite identificar cuáles tratamientos difieren significativamente entre sí en términos de los coeficientes de digestibilidad.

Además, realizo un análisis de varianza para determinar la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos. El software estadístico MINITAB fue utilizado para este propósito, aplicando el siguiente modelo aditivo lineal:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}.$$

Donde:

- **Y_{ij}:** observación de la variable respuesta (coeficientes de digestibilidad)
- **μ:** Media general de las observaciones.
- **T_i:** Efecto del i-ésimo tratamiento.
- **E_{ij}:** Error experimental en la unidad j del tratamiento i.

Debido a que los datos de digestibilidad (MS y MO) se expresan como porcentajes, se realizó una transformación arcoseno con el objetivo de cumplir con

los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas requeridos para el análisis de varianza. Los porcentajes, tienden a generar distribuciones no normales, lo que afecta la validez de los resultados estadísticos. Esta transformación ayudó a estabilizar la varianza y acercar la distribución de los datos a una distribución normal, lo cual es fundamental para aplicar la prueba paramétrica de ANOVA.

La ecuación utilizada para transformar los porcentajes a arcoseno fue la siguiente:

$$X' = \text{Arc sin } (\sqrt{X/100})$$

Donde:

- **X'**: valor transformado
- **X**: porcentaje original

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICO-NUTRICIONAL

En esta sección se presenta la composición química de los tres insumos utilizados en la alimentación de cuyes. Los análisis se llevaron a cabo siguiendo métodos estándar de laboratorio; los resultados obtenidos para los forrajes (achupalla y sunchu) se muestran en la tabla 7, mientras que los valores encontrados para la ñuña se describen en la tabla 8.

Tabla 7. Composición Química de la Achupalla y Sunchu (base seca)

Nutrientes (%)	Achupalla (<i>Puya ferrugínea</i>)	Sunchu (<i>Viguiera lanceolata</i>)
Proteína	7.61 ± 0.71	21.75 ± 4.20
Mat. Grasa	2.27 ± 0.32	2.27 ± 0.57
Fibra Cruda	34.19 ± 2.50	33.59 ± 8.51
FDN	51.27 ± 1.82	50.05 ± 4.54
FDA	31.04 ± 0.78	27.02 ± 3.55
Cenizas	7.16 ± 0.02	11.85 ± 0.21
Calcio	0.26 ± 0.03	0.42 ± 0.03
Fósforo	0.19 ± 0.03	0.28 ± 0.07

Los resultados revelan diferencias en la composición química de los insumos. La achupalla presenta el contenido más bajo de proteína (7.61 ± 0.71 %) y grasa (2.27 ± 0.32 %), pero el más alto en fibra cruda (34.19 ± 2.50 %) no muy lejos del sunchu (33.59 ± 8.51 %), lo que puede ser beneficioso para la salud gastrointestinal de los cuyes. Por otro lado, el sunchu exhibe un contenido moderado de proteína (21.75 ± 4.20 %) y grasa (2.27 ± 0.57 %), y un nivel notablemente alto de cenizas (11.85 ± 0.21 %), calcio (0.42 ± 0.03 %) y fósforo (0.28 ± 0.07 %).

Tabla 8. Composición Química de la Ñuña o frijol reventón (base seca)

Nutrientes (%)	Ñuña (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)
Proteína	25.87 ± 0.28
Mat. Grasa	3.46 ± 0.21
Fibra Cruda	4.45 ± 0.09
Cenizas	3.81 ± 0.01
Acido Aspártico	3.87 ± 0.16
Ácido Glutámico	4.79 ± 0.26
Alanina	1.75 ± 0.06
Arginina	1.81 ± 0.07
Cisteína	0.55 ± 0.03
Fenilalanina	1.27 ± 0.08
Glicina	1.40 ± 0.04
Histidina	1.06 ± 0.02
Isoleucina	1.10 ± 0.06
Leucina	2.27 ± 0.08
Lisina	2.22 ± 0.07
Metionina	0.70 ± 0.01
Prolina	1.49 ± 0.08
Serina	1.94 ± 0.05
Tirosina	0.92 ± 0.03
Treonina	1.39 ± 0.04
Triptófano	0.64 ± 0.02
Valina	1.33 ± 0.03

Sin embargo, la ñuña se destaca por su contenido más alto de proteínas (25.87 ± 0.28 %) y grasas (3.46 ± 0.21 %) además de una riqueza en aminoácidos como ácido aspártico, ácido glutámico, leucina, lisina y prolina, que resultan vitales para el correcto crecimiento y desarrollo de los cuyes. Estos hallazgos sugieren que la ñuña podría ser una opción atractiva para la alimentación de cuyes ya que proporciona una fuente rica y equilibrada de nutrientes esenciales.

Estos datos son fundamentales para comprender la calidad nutricional de los insumos empleados en la alimentación de cuyes y puede ayudar a perfeccionar las dietas con el fin de optimizar el desempeño y la salud de estos animales.

Los datos reportados por Clemente *et al.* (2003) para la achupalla (*Puya llatensis*) muestran que la achupalla (*Puya ferrugínea*) tiene un contenido de proteína superior (7.61 ± 0.71 % frente a 2.32 %). Además, la *Puya ferrugínea* presenta un mayor contenido de fibra (34.19 ± 2.50 % frente a 15.43 %) y grasa (2.27 ± 0.32 % frente a 0.75 %). En cuanto a la fracción de cenizas, la *Puya ferrugínea* tiene un valor menor (7.16 ± 0.02 % frente a 11.07 %), lo que indica una menor concentración total de minerales, aunque esto no necesariamente implica una menor calidad mineral, sino una posible variabilidad en la composición específica de los minerales presentes. Estas diferencias pueden atribuirse a variaciones intrínsecas en las especies de Puya, así como a diferencias en las condiciones ambientales de cultivo y a los métodos y técnicas de procesamiento utilizados.

Por otro lado, Zurita (2017), en su estudio acerca de la utilización y valoración de la Ccayara (*Puya herrerae*) en la alimentación de cuyes, reportó valores inferiores de proteína cruda 4.08 % y un mayor contenido de fibra cruda 57.62 %, grasa 3.16 % con respecto al presente estudio. Sin embargo Ambuludí (2011) utilizando cogollos de *Puya eryngioides* manifestó valores de 14.93 % de proteína bruta, 26.02 % de fibra bruta, 1.28 % de grasa y 6.54 % de cenizas, reflejando valores relativamente altos que pueden deberse a varias razones como la diferencia en las especies, donde la *Puya eryngioides* podría tener una mayor capacidad genética para sintetizar nutrientes; además, el uso específico de cogollos en el estudio, ya que son partes jóvenes y activamente en crecimiento de la planta, tiende a tener una mayor concentración de proteínas en comparación con las partes más maduras o diferentes de la planta utilizada en el presente estudio.

Por otra lado, en cuanto respecta al sunchu Cárdenas (2016), en su estudio utilizando sunchu en estado fenológico floral, reportó un valor inferior de proteína cruda (13.31 %) en comparación con el (21.75 ± 4.20 %) encontrado en el presente trabajo, donde se utilizó sunchu en estado de pre floración, esta diferencia claramente destaca un valor superior en nuestro estudio, posiblemente atribuible al

estado fenológico del sunchu evaluado; además, Cárdenas reveló valores de 2.56 % y 10.51 % para grasa y cenizas, respectivamente.

Los valores reportados por Ocampo (2015) para el sunchu muestran un alto contenido de proteína (26.43 %), fibra (27.88 %), grasa (6.37 %) y cenizas (11.49 %), valores que están dentro del rango o margen de los valores reportados en nuestra investigación, aunque se observaron diferencias significativas en ese estudio, estas variaciones pueden explicarse por varios factores, tales como las condiciones de cultivo del sunchu, en el caso de nuestro estudio, las plantas fueron recolectadas en un entorno silvestre no cultivado, mientras que Ocampo evaluó plantas cultivadas en terrenos agrícolas fértiles. Además, el estado fenológico de la planta, las condiciones ambientales y los métodos de procesamiento utilizados también podrían haber influido en los resultados divergentes entre ambos estudios.

Estas diferencias subrayan la importancia de considerar los contextos específicos y las condiciones de cultivo al interpretar y aplicar los resultados de composición química en la alimentación de cuyes, asegurando que las dietas sean adecuadamente formuladas para satisfacer las necesidades nutricionales de los animales en diferentes etapas de su desarrollo.

La ñuña o frijol andino, presenta una composición química rica en nutrientes esenciales, lo que la convierte en un insumo valioso para la alimentación animal; en este estudio, se evaluaron varios componentes clave de la ñuña, cuyas cifras se comparan a continuación con estudios previos.

En la comparación entre la ñuña variedad vaquita roja y las variedades maní y pava Castillo (2013), se observa que la vaquita roja presenta un mayor contenido de proteínas (25.87% frente a 20.23% y 18.92%, respectivamente). Asimismo, la materia grasa en la vaquita roja (3.46%) es superior a las variedades maní y pava (1.35% y 1.32%). En cuanto a fibra cruda, la vaquita roja también mostró un contenido más elevado (4.45%) en comparación con maní (3.24%) y pava (3.26%), el contenido de cenizas fue similar, siendo ligeramente superior en la vaquita roja (3.81% frente a 3.33% y 3.49%), este análisis muestra que la ñuña vaquita roja podría tener un mayor valor nutricional en proteínas, grasa y fibra. Estas diferencias pueden atribuirse a factores como la genética de cada variedad, las condiciones de cultivo (tipo de suelo, clima, altitud), la etapa de cosecha y las prácticas de

postcosecha. Estos elementos pueden influir significativamente en el contenido de nutrientes, lo que explica la superioridad nutricional observada.

Al comparar los resultados de la composición química de la ñuña con los valores reportados por Meneses (1994), para la ñuña observamos valores similares con pequeñas diferencias, en el presente estudio, se exhibe un contenido de proteína del 25.87 ± 0.28 %, superior al 23.09 %, diferencia que puede atribuirse a la gran variabilidad genética entre las variedades de *Phaseolus vulgaris* L., así como a las condiciones específicas de cultivo y procesamiento de la ñuña; el contenido de fibra fue mayor 4.45 ± 0.09 %, notablemente más alto que el 2.32 % encontrado por Meneses (1994), lo que indica que la ñuña variedad vaquita roja podría proporcionar una mayor cantidad de fibra dietética, vital para la digestión y la salud gastrointestinal de los cuyes; en términos de grasa, la ñuña mostró un contenido de 3.46 ± 0.21 %, más elevado que el 1.42 % reportado por este autor y un contenido de cenizas menor (3.81 ± 0.01 % frente a 4.87 %), lo que sugiere una menor concentración de minerales totales en nuestra muestra, posiblemente debido a las condiciones del suelo que podrían haber influido en la absorción de minerales por la planta.

Cabe destacar que la ñuña es una fuente rica y balanceada de aminoácidos, lo que la convierte en un componente valioso en la dieta de los cuyes; en particular, la ñuña destaca por su contenido en aminoácidos que son frecuentemente limitantes en la alimentación de cuyes, como la lisina (2.22 %) y la metionina (0.70 %) aminoácidos que son cruciales para la síntesis de proteínas, el crecimiento muscular, el metabolismo y la salud hepática, además de estos aminoácidos limitantes, la ñuña también proporciona otros aminoácidos esenciales como la leucina (2.27 %), treonina (1.39 %) y triptófano (0.64 %), todos fundamentales para la salud y el crecimiento de los cuyes; con un perfil completo de aminoácidos, la ñuña no solo cubre las necesidades básicas de proteína, sino que también asegura que se superen las limitaciones nutricionales que podrían surgir en la alimentación de cuyes.

5.2. CONSUMO DE MATERIA SECA Y MATERIA ORGÁNICA DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES

Los resultados de la evaluación del consumo de alimento se detallan en la tabla 9. En cuanto al consumo de materia seca (MS) en cuyes, se observó diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos (T1, T3, T6 y T7). El tratamiento con 100 % de achupalla (T3) registró el mayor consumo de MS con 62.59 ± 7.49 g/día, destacándose por su alta palatabilidad. Los tratamientos T2 (70 % Dieta basal + 30 % de achupalla) y T4 (70 % Dieta basal + 30 % de sunchu) también exhibieron altos consumos de MS, con 55.39 ± 4.62 g/día y 58.45 ± 7.91 g/día respectivamente, reflejando una buena aceptación de estas mezclas. En contraste, el tratamiento con 100 % de sunchu (T5) y el tratamiento con 100 % de dieta basal (T1) mostraron consumos moderados de 52.93 ± 1.85 g/día y 49.03 ± 5.16 g/día respectivamente. Sin embargo, los tratamientos con ñuña, tanto T6 (85 % de dieta basal + 15 % de ñuña) como T7 (70 % de dieta basal + 30 % de ñuña), presentaron los consumos más bajos de MS, con 35.20 ± 4.24 g/día y 25.74 ± 6.68 g/día, lo que sugiere una menor aceptación de la ñuña en las proporciones estudiadas. Estos hallazgos indican que la achupalla y el sunchu son insumos con buena palatabilidad en cuyes, mientras que la ñuña podría requerir ajustes en su formulación para aumentar su aceptación.

El consumo de materia orgánica (MO) siguió un patrón similar al de la materia seca (MS), con los tratamientos T3 (100 % achupalla) y T4 (70 % Dieta basal + 30 % sunchu) mostrando los valores más altos, y los tratamientos que incluían ñuña, T6 y T7, registrando los valores más bajos.

En el análisis del consumo con relación al peso vivo (PV) de los cuyes se observó diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$). Sin embargo, se observó que todos los tratamientos se mantuvieron dentro de rangos reportados por la bibliografía, los cuales suelen estar en un rango entre 3 % y 8 % del PV dependiendo de la composición de la dieta y la palatabilidad de los ingredientes.

Tabla 9. Consumo de los componentes (materia seca, materia orgánica) de las dietas experimentales en cuyes en base seca

Componente	Tratamiento	Materia Seca (MS)	Materia Orgánica (MO)
Consumo (g/día/cuy)	T1	49.03 ± 5.16 ^B	46.04 ± 4.85 ^B
	T2	55.39 ± 4.62 ^{AB}	51.92 ± 4.33 ^{AB}
	T3	62.59 ± 7.49 ^A	58.10 ± 6.83 ^A
	T4	58.45 ± 7.91 ^{AB}	54.02 ± 7.31 ^{AB}
	T5	52.93 ± 1.85 ^{AB}	46.99 ± 1.65 ^B
	T6	35.20 ± 4.24 ^C	33.24 ± 4.01 ^C
	T7	25.74 ± 6.68 ^C	24.41 ± 6.33 ^C
Consumo (%PV cuy)	T1	5.45 ± 0.38 ^{CD}	5.12 ± 0.36 ^{BC}
	T2	6.01 ± 0.72 ^{BC}	5.63 ± 0.68 ^B
	T3	7.77 ± 0.77 ^A	7.22 ± 0.69 ^A
	T4	6.26 ± 0.47 ^{BC}	5.78 ± 0.43 ^B
	T5	6.80 ± 0.41 ^{AB}	6.04 ± 0.37 ^B
	T6	4.38 ± 0.38 ^{DE}	4.13 ± 0.36 ^{CD}
	T7	3.38 ± 0.87 ^E	3.20 ± 0.82 ^D
Valor de p	Consumo (g/día/cuy)	0.001	0.001
	Consumo (%PV cuy)	0.001	0.001

Leyenda: T1: 100 % Dieta basal, T2: 70 % Dieta basal + achupalla 30 %, T3: 100 % achupalla, T4: 70 % Dieta basal + sunchu 30 %, T5: 100 % sunchu, T6: 85 % Dieta basal + 15% ñuña, T7: 70 % Dieta basal + 30 % ñuña. Letras distintas de la misma columna indican diferencias significativas al 95 % de la prueba Tukey. Media ± Desviación Estándar.

En su investigación, Zurita (2017) encontró valores de consumo de MS que oscilaban entre 69.04 y 69.10 g/día para tratamientos con inclusiones de Ccayara en proporciones de 10 % a 40 % en la dieta de los cuyes, valores superiores a los obtenidos en el presente estudio, así mismo Apaza (2018) reporta 100 g consumo de MS/cuy/día en dieta (Achupalla 30 % PV + concentrado 3 % PV) diferencia que podría atribuirse principalmente a la palatabilidad de las diferentes especies de achupallas, las combinaciones con otros ingredientes y al periodo de adaptación a

las dietas. Por otro lado, Cárdenas (2016) para el sunchu reporta consumo de MS de 63.89 g/día y 7.28 % en relación con el peso vivo utilizando heno de sunchu como única fuente de alimento, valores que pueden ser comparables con los obtenidos en el presente estudio para el tratamiento con 100 % de sunchu (T5), donde se observó un consumo de MS de 52.93 ± 1.85 g/día y un 6.80 ± 0.41 % en relación con el peso vivo. Asu vez Diaz (2013) en alusión a la ñuña utilizando este insumo en proporciones de 5 y 7.5 % en dietas para cuyes, reporta un consumo de 50.0 y 51.3 g/día de MS respectivamente, valores superiores que pueden ser atribuidas a varios factores, entre ellos la mayor proporción de ñuña en nuestra dieta experimental, lo que podría haber reducido la palatabilidad o aceptabilidad del alimento para los cuyes. Además, el proceso de transformación de la ñuña en harina podría haber influido en su aceptación.

El consumo de materia orgánica (MO) en los cuyes mostró una tendencia similar al consumo de materia seca (MS). Los tratamientos con achupalla (T3) y sunchu (T4) presentaron los valores más altos, destacando la buena aceptación de estos ingredientes. En contraste, los tratamientos con ñuña (T6 y T7) registraron los consumos más bajos.

5.3. COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDAD DE MATERIA SECA Y MATERIA ORGÁNICA DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES

Los coeficientes de digestibilidad de materia seca (MS) y materia orgánica (MO) varían significativamente entre los tratamientos ($p < 0.05$), estos valores pueden ser observables en la tabla 10. El tratamiento T1 mostró las mayores digestibilidades de MS y MO con 78.28 % y 79.37 %, respectivamente, indicando una alta eficiencia digestiva con esta dieta.

El tratamiento T2 (70 % dieta basal + 30 % achupalla) mostró una digestibilidad intermedia, aunque inferior a T1, con valores de 68.29 % para MS y 68.62 % para MO. En contraste, el tratamiento T3 (100 % de achupalla) tuvo las digestibilidades más bajas, con 43.06 % para MS y 41.24 % para MO, lo que sugiere que una dieta compuesta únicamente de achupalla no es muy digestible para los cuyes.

El tratamiento T4 (70 % dieta basal + 30 % sunchu) presentó digestibilidades relativamente altas con 71.11 % para MS y 71.60 % para MO. El tratamiento T5 (100 % de sunchu) tuvo digestibilidades de 51.92 % para MS y 50.97 % para MO, valores que son inferiores que los de T4, indicando que la inclusión del sunchu solo es menos digestible.

Por otro lado, los tratamientos T6 (85 % dieta basal y 15 % ñuña) y T7 (70 % dieta basal y 30 % ñuña) mostraron digestibilidades altas y comparables entre sí, con T6 presentando valores de 75.65 % para MS y 77.11 % para MO, y T7 con 75.57 % para MS y 77.06 % para MO. Esto indica que la inclusión de ñuña en estas proporciones mantiene una alta digestibilidad en la dieta de los cuyes.

Tabla 10. Coeficiente de digestibilidad de los componentes (materia seca, materia orgánica) de acuerdo con las dietas experimentales en base seca

Componente	Tratamiento	Materia Seca (MS)	Materia Orgánica (MO)
Heces Excretadas (g)	T1	10.64 ± 1.11 ^D	9.49 ± 0.96 ^D
	T2	17.63 ± 2.47 ^C	16.35 ± 2.30 ^C
	T3	35.80 ± 5.34 ^A	34.30 ± 5.21 ^A
	T4	16.90 ± 2.90 ^C	15.36 ± 2.62 ^C
	T5	25.42 ± 0.91 ^B	23.02 ± 0.84 ^B
	T6	8.48 ± 1.59 ^D	7.52 ± 1.37 ^D
	T7	5.662 ± 0.96 ^D	5.04 ± 0.85 ^D
Fracción digerida (g)	T1	36.55 ± 4.01 ^A	38.39 ± 4.20 ^A
	T2	35.58 ± 2.47 ^A	37.77 ± 2.57 ^A
	T3	23.79 ± 1.82 ^B	26.79 ± 2.30 ^B
	T4	38.66 ± 4.79 ^A	41.55 ± 5.11 ^A
	T5	23.97 ± 0.91 ^B	27.50 ± 1.02 ^B
	T6	25.72 ± 2.95 ^B	26.73 ± 3.06 ^B
	T7	19.37 ± 5.82 ^B	20.08 ± 6.09 ^B
Coeficiente de digestibilidad (%)	T1	78.28 ± 1.17 ^A	79.37 ± 1.12 ^A
	T2	68.29 ± 2.20 ^C	68.62 ± 2.27 ^B
	T3	43.06 ± 1.83 ^E	41.24 ± 2.22 ^D
	T4	71.11 ± 1.48 ^{BC}	71.60 ± 1.48 ^B
	T5	51.92 ± 0.58 ^D	50.97 ± 0.73 ^C
	T6	75.65 ± 3.06 ^{AB}	77.11 ± 2.75 ^A
	T7	75.57 ± 6.84 ^{AB}	77.06 ± 6.50 ^A
Valor de p	Excretado	0.001	0.001
	Digerido	0.001	0.001
	Coeficiente de digestibilidad	0.001	0.001

Leyenda: T1: 100 % Dieta basal, T2: 70 % Dieta basal + achupalla 30 %, T3: 100 % achupalla, T4: 70 % Dieta basal + sunchu 30 %, T5: 100 % sunchu, T6: 85 % Dieta basal + 15% ñuña, T7: 70 % Dieta basal + 30 % ñuña. Letras distintas de la misma columna indican diferencias significativas al 95 % de la prueba Tukey. Media ± Desviación Estándar.

5.4. COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDAD DE MATERIA SECA Y MATERIA ORGÁNICA DE LA ACHUPALLA, SUNCHU Y ÑUÑA

En esta sección se muestran y analizan los resultados de digestibilidad de los tres insumos experimentales: achupalla, sunchu y ñuña, obtenidos por métodos directo y de sustitución. A continuación, se detallan los resultados en la tabla 11 y se discuten las diferencias observadas, así como las posibles razones de estas variaciones.

Tabla 11. Coeficientes de Digestibilidad aparente de Materia Seca y Materia Orgánica

Insumo	Método	Materia Seca	Materia Orgánica
		(%)	(%)
Achupalla	Directo	43.06	41.24
	Sustitución	44.96	43.53
Sunchu	Directo	51.92	50.97
	Sustitución	54.39	53.46
Ñuña	Directo	-	-
	Sustitución	65.00	67.99

Los resultados de los coeficientes de digestibilidad aparente indican que existe una ligera mejora cuando se emplea el método de sustitución en comparación con el método directo. Esta diferencia podría deberse a la mayor inclusión de dieta base (70 %) en el método de sustitución, lo que podría haber mejorado la aceptabilidad y la utilización del alimento por parte de los cuyes, además pudo haber proporcionado un entorno más favorable para la digestión. La dieta base contenía insumos y requerimientos que cubrían las necesidades nutricionales de los cuyes, lo que proporcionó un contexto más balanceado y aceptable para la digestión de los insumos experimentales, este entorno nutricionalmente adecuado parece haber mejorado la digestión y absorción de los nutrientes de los tres insumos estudiados. Por otro lado, al utilizar el insumo experimental como única fuente de alimento, se expone a los cuyes a las limitaciones y desbalances nutricionales de dicho insumo.

Esto puede resultar en una digestibilidad reducida debido a la falta de nutrientes complementarios que faciliten la digestión.

Además, la variabilidad entre los insumos hace que su comparación directa sea compleja, ya que cada insumo tiene características únicas que afectan su digestibilidad. La optimización de las proporciones de inclusión y la formulación adecuada de las dietas son esenciales para maximizar la digestibilidad y el rendimiento de estos insumos en la alimentación de cuyes.

Estos hallazgos destacan la importancia de considerar tanto las características intrínsecas de los insumos como el contexto dietético en el que se utilizan para obtener resultados de digestibilidad precisos y aplicables en prácticas de alimentación animal.

Los resultados obtenidos en esta investigación para la digestibilidad de la achupalla (*Puya ferrugínea*) muestran valores de digestibilidad moderados cuando se comparan con estudios previos. Clemente *et al.*, 2003 reportó una digestibilidad más alta 75.96 % para la materia seca utilizando *Puya llatensis*, esta discrepancia puede atribuirse a variaciones entre las especies de achupalla, así como a diferencias en las condiciones experimentales y las dietas base utilizadas.

Por otro lado, los resultados de esta investigación son más cercanos a los reportados por Zurita (2017) quien encontró una digestibilidad de 41.63 % para la materia seca utilizando harina de Ccayara (*Puya herrerae*). Esto sugiere que la digestibilidad de *Puya ferrugínea* es comparable a la de otras especies de achupalla cuando se consideran condiciones similares y métodos experimentales.

Es importante señalar que, aunque los resultados de digestibilidad de *Puya ferrugínea* obtenidos en esta investigación son consistentes con algunos estudios previos, hay variabilidad cuando se comparan con otros estudios. Esta variabilidad resalta la importancia de considerar las diferencias entre especies de achupalla y la formulación de dietas adecuadas para maximizar la digestibilidad y el rendimiento en la alimentación de cuyes.

La discusión sobre los resultados de digestibilidad del sunchu se puede basar en la comparación entre los valores obtenidos en la presente investigación y los reportados por Cárdenas (2016). En el presente estudio, los coeficientes de

digestibilidad del sunchu fueron los siguientes: método directo: 51.92 % para materia seca (MS) y 50.97 % para materia orgánica (MO), y método de sustitución: 54.39 % para MS y 53.46 % para MO. En contraste, Cárdenas (2016) reportó coeficientes de digestibilidad mayores, con 74.96 % para MS y 74.89 % para MO. Estas diferencias podrían deberse a varias razones. Primero, las características intrínsecas del sunchu, como la calidad de la fibra y la composición nutricional, pueden variar dependiendo del origen del cultivo y las condiciones de crecimiento. Además, la diferencia en los métodos experimentales también juega un papel importante.

Los resultados de digestibilidad obtenidos para la ñuña en la presente investigación fueron comparados con estudios similares para proporcionar un contexto y discutir nuestras observaciones. En nuestro estudio, la digestibilidad de la materia seca (MS) de la ñuña es menor que el 75.01 % reportado por Avalos (2001) para frijoles en dietas para camarones, diferencia que puede atribuirse a variaciones en la composición nutricional, diferencias entre especies, proporciones dietéticas, y métodos de procesamiento térmico. Por tanto, aunque la ñuña es una fuente viable de nutrientes para cuyes, su digestibilidad puede ser mejorada considerando estos factores.

En comparación con los resultados de Antunes *et al.* (1994), quienes reportaron digestibilidades in vivo de la proteína entre 50.0% y 69.5% en ratas, la digestibilidad aparente de la materia seca (65.00%) y la materia orgánica (67.99%) de la ñuña variedad vaquita roja en cuyes presenta un comportamiento similar, sin embargo, estas diferencias pueden atribuirse a la composición más compleja de la materia seca y orgánica, que incluye fibra, lípidos y carbohidratos, además de proteínas, que en el estudio de Antunes fue evaluada de manera más específica. Además, las diferencias entre las especies estudiadas (ratas y cuyes) y sus sistemas digestivos también pueden influir en estos valores.

Por otro lado, Oruro (2023) manifiesta digestibilidades de 80.30 % para la materia seca y 81.43 % para la materia orgánica utilizando torta de soya en dietas para cuyes en crecimiento, y 82.09 % y 83.17 % respectivamente en cuyes adultos, mientras que Chillpa (2022) reporta coeficientes de digestibilidad para la harina integral de soya en cuyes en crecimiento de 74.80 % para la materia seca y 75.24

% para la materia orgánica, y en cuyes adultos de 80.34 % y 81.08 % respectivamente. Estos valores son superiores a los encontrados en nuestro estudio para la ñuña, con digestibilidades de 65.00 % para la materia seca y 67.99 % para la materia orgánica. La menor digestibilidad de la ñuña podría deberse a diferencias entre especies vegetales, métodos de procesamiento, variaciones en la composición nutricional, y a sus características intrínsecas, como un mayor contenido de fibra y factores anti nutricionales, que afectan negativamente su aprovechamiento. En contraste, la torta y la harina de soya son ingredientes altamente digestibles y nutricionalmente balanceados, lo que explica los mayores coeficientes de digestibilidad observados en los estudios mencionados.

Además, es importante destacar la carencia de conocimiento científico sobre el procesamiento y la utilización de la ñuña en la alimentación animal; la falta de estudios detallados sobre cómo optimizar la digestibilidad y el valor nutritivo de la ñuña limita su potencial como ingrediente eficiente en las dietas de cuyes. Por lo tanto, aunque la ñuña puede ser una fuente útil de nutrientes, es necesario realizar más investigaciones para mejorar su procesamiento y formulación dietética para maximizar su aprovechamiento.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos se puede concluir que:

1. La achupalla, con un contenido moderado a bajo de proteína (7.61 %) y alto de fibra cruda (34.19 %), es adecuada para aportar fibra en la dieta de cuyes. El sunchu, con alto contenido proteico (21.75 %) y fibra similar a la achupalla, es valioso para mejorar la calidad proteica sin sacrificar la fibra. La ñuña, con alto contenido proteico (25.87 %) y bajo en fibra (4.45 %), junto con un perfil rico de aminoácidos esenciales, es ideal para dietas que necesitan más proteína y menos fibra.
2. El consumo de materia seca (MS) y materia orgánica (MO) fue mayor en el tratamiento T3 (100 % achupalla) (62.59 ± 7.49 y 58.10 ± 6.83 g/día), en contraste, los tratamientos T6 y T7, que incluyeron ñuña, mostraron los consumos más bajos (35.20 ± 4.24 ; 33.24 ± 4.01 g/día) y (25.74 ± 6.68 ; 24.41 ± 6.33 g/día), posiblemente debido a su menor contenido de fibra o diferencias en la textura o sabor que afectaron la palatabilidad.
3. Los coeficientes de digestibilidad aparente de las dietas experimentales demuestran que el tratamiento T1 (100% dieta basal) mostró la mayor digestibilidad de materia seca y orgánica (78.28 ± 1.17 ; 79.37 ± 1.12 %), seguido por los tratamientos con inclusión de ñuña en 15% (T6) con 75.65 ± 3.06 ; 77.11 ± 2.75 % y con inclusión de ñuña de 30% con 75.57 ± 6.84 ; 77.06 ± 6.50 % .
4. Los coeficientes de digestibilidad aparente de la materia seca y orgánica para la achupalla, sunchu y ñuña muestran que la ñuña, evaluada mediante el método de sustitución, presentó los valores más altos, con un 65.00 % para materia seca y 67.99 % para materia orgánica. El sunchu sigue con coeficientes, obtenidos a través de los métodos directo y de sustitución respectivamente, de 51.92 y 54.39 % para materia seca, 50.97 y 53.46 % para materia orgánica, mientras que la achupalla muestra la menor digestibilidad, con valores de 43.06 y 44.96 % para materia seca, 41.24 y 43.53 % para materia orgánica.

RECOMENDACIONES

Con base en los resultados obtenidos en esta investigación, se sugiere lo siguiente:

- Aprovechar la información reportada sobre la composición química nutricional y la digestibilidad de los insumos evaluados en este estudio para su adecuada inclusión en dietas para cuyes.
- Incluir la ñuña en proporciones no mayores al 15 % en dietas para cuyes. Asimismo, realizar estudios adicionales que investiguen el procesamiento y tratamiento térmico de la ñuña para reducir los factores anti nutricionales y así mejorar su digestibilidad y valor nutricional en la alimentación animal.
- Realizar ensayos de alimentación para evaluar los parámetros productivos de los insumos experimentales (achupalla, sunchu y ñuña) en cuyes y otras especies animales.
- Realizar estudios similares en cuyes de acuerdo con cada etapa fisiológica.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A.O.A.C. (2005). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists International. *Association of Official Analytical Chemist, 18th Edition*.
- A.O.A.C. (2019). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists: Official Methods of Analysis of AOAC International. *Official Analytical Chemist, 21st Edition*.
- Aliaga, L., Moncayo, R., & Rico, E. y. (2009). *Produccion de Cuyes*. Lima -Perú: Fondo Editorial de la Universidad Católica Sedes Sapientiae.
- Ambuludí, S. L. (2011). Evaluación de la Achupalla (*Puya Eryngioides*) en la alimentación de cuyes mejorados en el cantón Saraguro. *Tesis de grado previa a la obtención del Título de Médico Veterinario Zootecnista*. Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador.
- Antunes, P., Bihalva, A., Elias, M., & Soares, G. (1994). *Valor nutricional de Feijão (Phaseolus vulgaris, L.), Cultivares Rico 23, Carioca, Piratã-1 e Rosinha-G2*. UFPEL / FAEM - Deptº. Ciência e Tecnologia Agroindustrial, Brasil.
- Apaza, V. R. (2018). Evaluación de la Achupalla (*puya eryngioides*) en la alimentación de cuyes (*cavia porcellus*) en las etapas de crecimiento y acabado en el centro agronomico Kayra. *Tesis de pregrado para optar el titulo profesional de Ingeniero Zootecnista*. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, CUSCO.
- Avalos, Z. E. (2001). Utilización del frijol *phasoulus vulgaris* como fuente proteica en dietas para el camarón *Litopenaeus vannamei*. *Tesis de Post-grado para obtener el grado de maestro en ciencias con especialidad en recursos alimenticios y producción acuícola*. Universidad Autonoma de Nuevo León, Monterrey, Mexico.
- Ayasta, J., Juarez, A., & Ecurra, J. (2021). New records of Puya (Bromeliaceae) in the department of Lambayeque, Peru. *Revista Peruana de Biología*.
- Barrial, A., & Huamán, M. L. (2020). *La cavicultura, eje de desarrollo sostenible en las regiones andinas*. (U. N. Arguedas, Ed.) Andahuaylas, Perú.

- Bondi, A. A. (1988). *Nutricion Animal*. zaragoza (España): Acribia, S.A.
- Brako, L. y. (1993). *Bromeliaceae in: Catalogue of the flowering plants Gymnosperms and Angyosperms of Perú*. USA: Monog. Syst. Bot. Miss. Bot. Garden.
- Calero del Mar, B. A. (1978). *El cuye cavia porcellus porcellus Linnaeus - introducción a la cavicultura*. Cusco: Ediciones Agronomicas.
- Cárdenas, N. W. (2016). Valoración nutricional del sunchu (*Viguiera lanceolata*) como alternativa en la alimentación de cuyes. (*Tesis de Pregrado*). Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Cusco.
- Cardona, J., Portillo, P., Carlosama, L., Vargas, J., Avellaneda, Y., Burgos, W., & Patiño, R. (2020). *Importancia de la alimentación en el sistema productivo del cuy*. Mosquera - Colombia: Agrosavia.
- Castillo, R. d. (2013). Caracterización proximal de dos variedades de frijol nuña (*Phaseolus vulgaris* L.) procedente del distrito de Sarín - Provincia de Sánchez Carrión. *Tesis de pregrado para optar el título de Ingeniero Agroindustrial*. Universidad Nacional de Trujillo, Perú.
- Chauca de Zaldívar, L. (1997). *producción de cuyes (Cavia porcellus)*. la Molina Peru: Instituto nacional de investigación agraria.
- Chillpa, S. C. (2022). Energía y proteína digestibles de la harina integral de soya (*Glycine max*) en cuyes (*Cavia porcellus*). *tesis de pre-grado para optar el título profesional de Ingeniero Zootecnista*. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Cusco, Perú.
- Chung, T., Wong, T., Wei, C., Huang, Y., & Lin, Y. (1998). Tannins and human health a review. *Critical Reviews in Food Science and nutrition*, 421-464.
- Church, D., Pond, W., & Pond, K. (2002). *Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. Segunda Edición*. México D.F.: Editorial Limusa, S.A.
- Clemente, E., Arbaiza, T., Carcelén, F., Lucas, O., & Bazan, V. (2003). Evaluación del valor nutricional de la *Puya llatensis* en la alimentación del cuy (*Cavia porcellus*). *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*.

- Crampton, E. W., & Harris, L. E. (1974). *Nutrición animal aplicada: El uso de los alimentos en la formulación de raciones para el ganado*. Zaragoza (España): Editorial Acribia.
- Cuba, M. d. (2014). La biología en la toponimia de pallasca. *arqueología y sociedad*.
- Díaz, C. M. (2013). "Uso de habas (*Vicia faba*) y frijoles (*Phaseolus vulgaris*) en la alimentación de cuyes en crecimiento (*Cavia porcellus*) en una crianza comercial. *Tesis de Pregrado para optar el título profesional de Médico Veterinario y Zootecnista*. Universidad Católica de Santa María, Arequipa.
- FAO. (2018). Legumbres. Pequeñas semillas, grandes soluciones. 292.
- García, M. (2012). Caracterización de la actividad de las enzimas hidrolíticas localizadas en la región cecal de cuyes (*Cavia porcellus*). *tesis de pre grado para optar el Título Profesional de Médico Veterinario*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.
- GBIF, i. C. (06 de 03 de 2023). *GBIF.org*. Obtenido de iNaturalist Research-grade Observations. iNaturalist.org. Occurrence dataset: <https://www.gbif.org/es/occurrence/3455425402>
- Gonzales, W. (2006). Asteraceas y amaranthaceas Forrajeras de Ayacucho. *programa de pastos y ganadería*.
- Govaerts, R. (2022). *The Royal Botanic Gardens, The World Checklist of Vascular Plants (WCVP)*. Obtenido de Catalogue of Life Checklist: <https://doi.org/10.48580/dfs-r-4nz>
- Hinojosa, M. A., & Ochoa, J. G. (2022). Sinopsis del género *Puya* Molina (Bromeliaceae: Puyoideae) en la región de Cusco. *GENTRYANA*.
- Huarco, D. (2012). Determinación de la digestibilidad aparente de la semilla despigmentada de achiote (*Bixa Orellana*) en el cuy (*Cavia Porcellus* L.) INIA - EEA, Anta. *Tesis de pregrado*. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Cusco, Perú.
- Laboratorio de Nutrición, Ciencia y Tecnología de Alimentos - UNSAAC. (2023).
- Laboratorio de Nutrición, Ciencia y Tecnología de Alimentos - UNSAAC. (2021).

- Ma, Y., & Bliss, F. A. (1978). Tannin Content and Inheritance in Common Bean. *Crop Science*, 201- 204.
- McDonald, Edwards, R., Greenhalgh, J., Morgan, C., Sinclair, L., & Wilkinson, R. (2013). *Animal Nutrition - Seventh Edition*. Pearson.
- McDonald, P., Edwards, R., Greenhalgh, J., & Morgan, C. (1999). *Nutrición animal. 5a Edición*. Acribia S.A.
- Meneses, V. (1994). Sustitución de Harina de Trigo (*Triticum aestivum*) por Harina de frijol Ñuña (*Phaseolus vulgaris* L.) en la elaboración de galletas, dulces utilizando los métodos convencionales y microondas. *Tesis para optar el título de Ingeniero Alimentario*. UNALM, Lima - Perú.
- Meteoblue. (s.f.). *Weather Close to you*. Obtenido de www.meteoblue.com: https://www.meteoblue.com/es/tiempo/mapas/cuzco_per%c3%ba_3941584#map=gph850temperature~hourly~auto~850%20mb~none&coords=17.34/-13.552237/-71.874349
- NRC, N. R. (1995). Nutrient requirements of the guinea pig. *National Academy Press*.
- Ocampo, M. (2015). Producción de un pienso balanceado destinado a la alimentación del cuy (*Cavia porcellus*) a partir del sunchu (*Viguiera lanceolata*). *Tesis de pregrado*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa.
- Oruro, V. N. (2023). Digestibilidad de la materia seca, materia orgánica y energía digestible de aceite de soya, afrecho de cebada y torta de soya en cuyes (*Cavia porcellus*). *Tesis de pregrado para optar el título profesional de Ingeniero Zootecnista*. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Cusco, Perú.
- Ramos, I. (2014). *Crianza, producción y comercialización de cuyes*. Lima, Perú: Macro E.I.R.L.
- Reynel, C. (2012). *guía de identificación de las plantas comunes del derecho de vía del ducto de Peru LNG*. comunica sac.

- Rodríguez, S. (2022). Desarrollo, caracterización fisicoquímica y nutracéutica de un explotado tipo palomita utilizando frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad reventón. Universidad Autónoma de Querétaro, Santiago de Querétaro.
- Santa Cruz, A., & Vásquez, J. (2021). Catálogo de ñuña (*Phaseolus vulgaris* L.) del banco de germoplasma del INIA. Instituto Nacional de Innovación Agraria.
- Shreve, B., Thiex, N., & Wolf, M. (2006). *NFTA Method 2.1.4 - Dry Matter by Oven Drying for 3 hr at 105°C*. National Forage Testing Association Reference Method. Obtenido de www.foragetesting.org
- simpson, M. (2019). *Plant Systematics 3rd Edition*. California, USA: Elsevier.
- Tohme, J., Toro, O., Vargas, J., & Debouck, D. (1995). La variabilidad en ñuñas en los Andes (frijol común, *Phaseolus vulgaris*, Fabaceae). *Economic Botany*, 78–95,.
- Usca, J., Flores, L., Tello, L., & Navarro, M. (2022). *Manejo general en la cría del cuy*. Riobamba, Ecuador : Escuela Superior Politécnica de Chimborazo: la caracola editores.
- Van Beem, J., Kornegay, J., & Lareo, L. (1992). Nutritive Value of the Ñuña Popping bean. *Economic Botany*. 46(2), 164-170.
- Vergara, V. (2008). Avances en Nutrición y Alimentación en cuyes. *Resumen de presentaciones. simposio: avances sobre la producción de cuyes en el Perú APPA*.
- Villamide, M. J. (1996). Methods of energy evaluation of feed ingredients for rabbit and their accuracy. *Animal Feed Science and Technology*.
- Vivas, J., & Carballo, D. (2013). *Especies alternativas: manual de crianza de cobayos (Cavia porcellus)*. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional Agraria, Centro Nacional de Información y Documentación Agropecuaria.
- Zurita, C. Y. (2017). Valoración nutricional y respuesta productiva de cinco niveles de ccayara (*Puya herrerae*) en dietas de cuyes en crecimiento. *Tesis de Pre grado*. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC), Cusco.

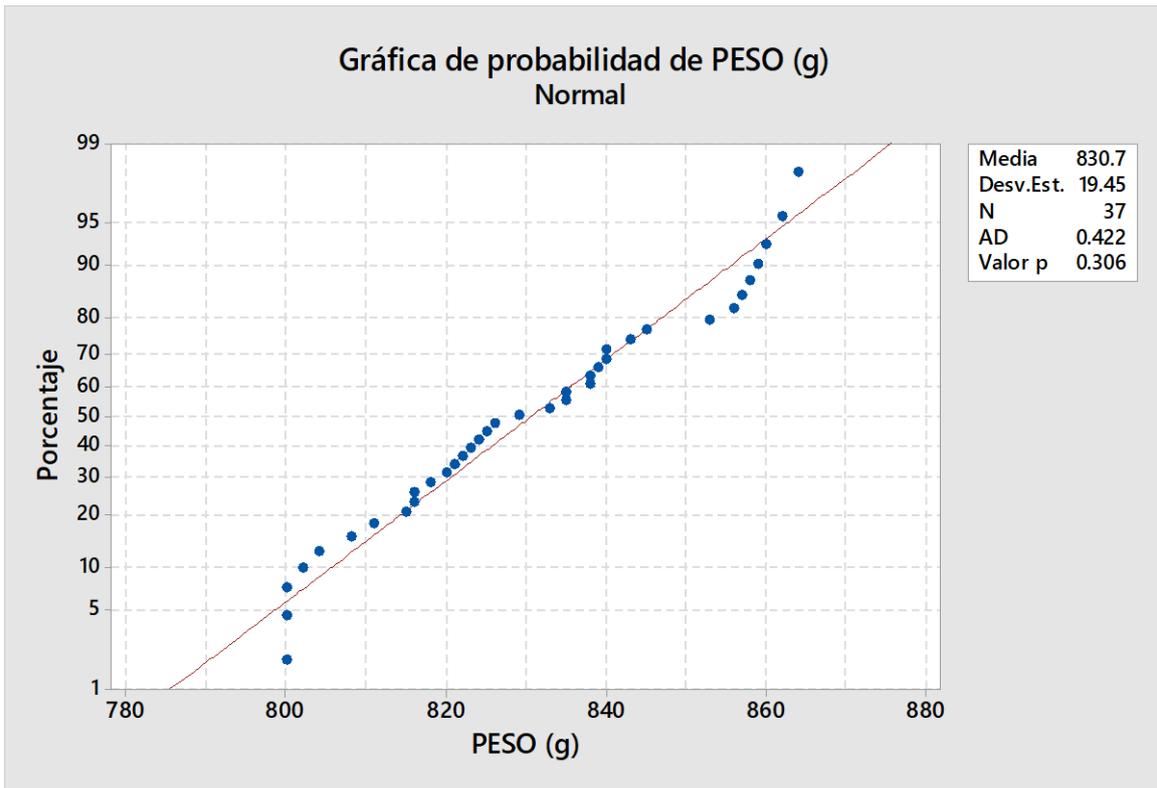
VIII. ANEXOS

Anexo 1. Base de datos promedio de pesos, consumo y digestibilidad de las unidades experimentales

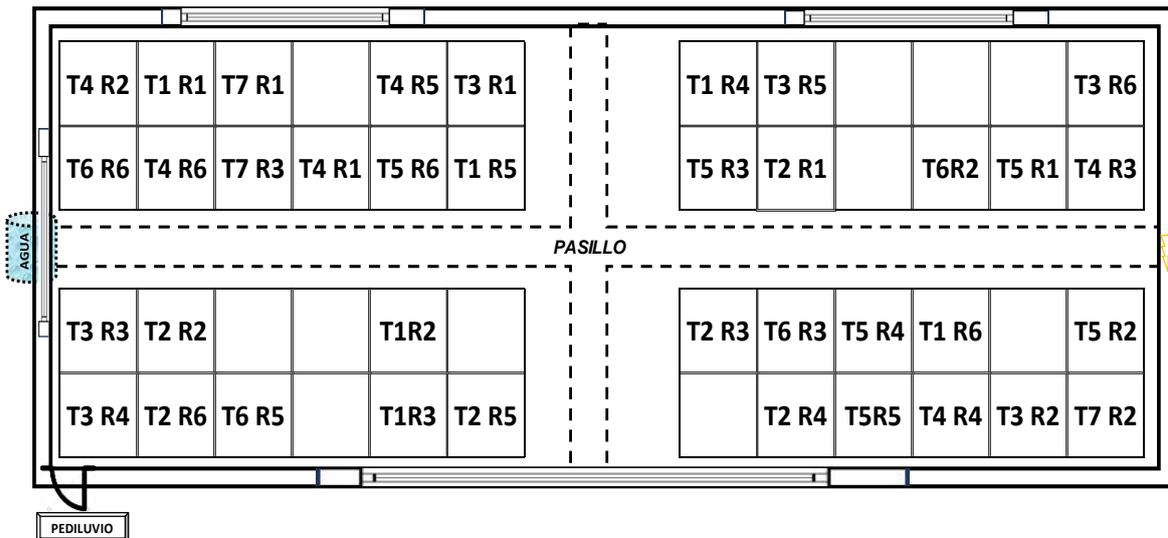
Evaluación	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Peso (g)	832.00	831.00	826.83	829.80	820.83	834.00	852.00
Desviación estándar	10.94	24.50	20.88	24.70	9.85	25.60	11.36
Mínimo	816	800	800	800	808	804	839
Máximo	845	856	862	859	838	864	860
Consumo Materia Seca (g)	49.03	55.39	62.59	58.45	52.93	35.20	25.74
Desviación estándar	5.16	4.62	7.49	7.91	1.85	4.24	6.68
Mínimo	44.56	49.22	54.95	44.03	50.00	29.45	18.07
Máximo	57.74	60.81	73.86	65.05	54.93	38.86	30.28
Consumo Materia Orgánica (g)	46.04	51.92	58.10	54.02	46.99	33.24	24.41
Desviación estándar	4.85	4.33	6.83	7.31	1.65	4.01	6.33
Mínimo	41.85	46.14	50.92	40.69	44.39	27.81	17.14
Máximo	54.22	57.00	68.44	60.12	48.77	36.70	28.71
Digestibilidad de Materia seca (%)	78.28	68.29	43.06	71.11	51.92	75.65	75.57
Desviación estándar	1.17	2.20	1.83	1.48	0.58	3.06	6.84
Mínimo	76.56	64.27	39.82	69.38	51.03	72.43	67.91
Máximo	79.90	70.40	44.44	73.47	52.51	78.32	81.08
Digestibilidad de Materia Orgánica (%)	79.37	68.62	41.24	71.60	50.97	77.11	77.06
Desviación estándar	1.12	2.27	2.22	1.48	0.73	2.75	6.50
Mínimo	77.70	64.55	37.60	69.87	49.89	74.33	69.77
Máximo	80.84	70.75	43.87	74.04	51.84	79.48	82.27

Legenda: T1: 100 % Dieta basal, T2: 70 % Dieta basal + achupalla 30 %, T3: 100 % achupalla, T4: 70 % Dieta basal + sunchu 30 %, T5: 100 % sunchu, T6: 85 % Dieta basal + 15% ñuña, T7: 70 % Dieta basal + 30 % ñuña.

Anexo 2. Prueba de Normalidad de pesos de las unidades experimentales



Anexo 3. Croquis y aleatorización de las unidades experimentales



Anexo 4. Análisis de varianza y comparación de medias Tukey de consumo de materia seca (g) de las dietas experimentales

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO	6	4213.1	702.19	21.19	0.001
Error	30	994.3	33.14		
Total	36	5207.4			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación	
3	6	62.59	A	
4	6	58.45	A	B
2	6	55.39	A	B
5	6	52.93	A	B
1	6	49.03	B	
6	4	35.20	C	
7	3	25.74	C	

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 5. Análisis de varianza y comparación de medias Tukey de consumo de materia orgánica (g) de las dietas experimentales

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO	6	3472.3	578.71	20.33	0.001
Error	30	854.0	28.47		
Total	36	4326.2			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación	
3	6	58.10	A	
4	6	54.02	A	B
2	6	51.92	A	B
5	6	46.990		B
1	6	46.04		B
6	4	33.24		C
7	3	24.41		C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 6. Análisis de varianza y comparación de medias Tukey de consumo de materia seca % PV de las dietas experimentales

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO	6	56.17	9.3619	27.65	0.001
Error	30	10.16	0.3386		
Total	36	66.33			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación		
3	6	7.774	A		
5	6	6.804	A B		
4	6	6.255	B C		
2	6	6.005	B C		
1	6	5.449	C D		
6	4	4.375	D E		
7	3	3.377	E		

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 7. Análisis de varianza y comparación de medias Tukey de consumo de materia orgánica % PV de las dietas experimentales

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO	6	44.170	7.3616	25.45	0.001
Error	30	8.676	0.2892		
Total	36	52.846			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación		
3	6	7.216	A		
5	6	6.041	B		
4	6	5.780	B		
2	6	5.629	B		
1	6	5.116	B	C	
6	4	4.131		C	D
7	3	3.202			D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 8. Análisis de varianza y comparación de medias Tukey de fracción digerida de materia seca (g) de las dietas experimentales

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO	6	1807.2	301.20	23.44	0.001
Error	30	385.6	12.85		
Total	36	2192.7			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación
4	6	41.55	A
1	6	38.39	A
2	6	37.77	A
5	6	27.504	B
3	6	26.793	B
6	4	26.73	B
7	3	20.08	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 9. Análisis de varianza y comparación de medias Tukey de fracción digerida de materia orgánica (g) de las dietas experimentales

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO	6	1756.3	292.72	25.78	0.001
Error	30	340.6	11.35		
Total	36	2096.9			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación
4	6	38.66	A
1	6	36.55	A
2	6	35.58	A
6	4	25.72	B
5	6	23.974	B
3	6	23.793	B
7	3	19.37	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 10. Análisis de varianza y comparación de medias Tukey de digestibilidad de materia seca (MS) de las dietas experimentales

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO	6	2179.25	363.208	143.20	0.001
Error	30	76.09	2.536		
Total	36	2255.34			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación
1	6	78.281	A
7	3	75.57	A B
6	4	75.65	A B
4	6	71.113	B C
2	6	68.285	C
5	6	51.917	D
3	6	43.063	E

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 11. Análisis de varianza y comparación de medias Tukey de digestibilidad de materia orgánica (MO) de las dietas experimentales

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO	6	2597.57	432.929	172.46	0.001
Error	30	75.31	2.510		
Total	36	2672.88			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación
1	6	79.370	A
7	3	77.06	A
6	4	77.11	A
4	6	71.597	B
2	6	68.617	B
5	6	50.971	C
3	6	41.238	D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

ANEXO DE FIGURAS



Figura 2. Insumos experimentales: Achupalla (*Puya ferrugínea*), sunchu (*Viguiera lanceolata*) y ñuña (*Phaseolus vulgaris* L.) en su forma natural



Figura 3. Proceso de peletizado de los insumos experimentales listos para la investigación



Figura 4. Cuyes machos de la línea Perú utilizados en la investigación en sus jaulas individuales, adaptándose a las dietas experimentales



Figura 5. Toma de muestras para la evaluación de los coeficientes de digestibilidad aparente



Figura 6. Análisis en laboratorio de las muestras recolectadas realizado en el laboratorio de Nutrición, Ciencia y Tecnología de Alimentos



Figura 7. Responsable del desarrollo de investigación en las instalaciones de la sala de investigación en bioenergética de cuyes (SIBEc)