



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y
ZOOTECNIA



VALOR NUTRICIONAL Y ESTIMACION DE ENERGIA DE LA
HARINA DE CEBADA EN CUYES EN ALTURA

TESIS

PRESENTADA POR:

EVELYN KATERINE PILCO MAMANI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
MEDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA

PUNO – PERÚ

2022



DEDICATORIA

A mi madre Lidia Mamani Condori, quien estuvo siempre a mi lado, por ser un ejemplo a seguir y por tener siempre la fortaleza de salir adelante sin importar los obstáculos.

Evelyn Katerine



AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme salud y bendición para alcanzar mis metas como persona y como profesional.

A mi alma mater, la Universidad Nacional del Altiplano de Puno y a mi gloriosa Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia por darme la oportunidad de realizarme profesionalmente, también agradezco a mis docentes por sus enseñanzas.

Agradezco a mi directora y asesora de tesis Mg Sc. Diannett Benito López, por haberme brindado sus conocimientos y apoyo constante en la elaboración de la presente tesis; agradecer su paciencia, consejos y esfuerzo para guiarme hasta la culminación del presente trabajo.

A los distinguidos miembros del jurado: Dra. Martha Tapia Infantes, Ph.D. José Luis Bautista Pampa, M.Sc. Rolando Daniel Rojas Espinoza, por acceder a formar parte del mismo, por sus correcciones y recomendaciones.

A mis mejores amigos Lilian Pilco, Adolfo Valeriano, Kelly Quispe quienes me brindaron su amistad y apoyo incondicional.

A mi hermano y super mejor amigo Arnold Quispe y mejor amigo Antoni Calcina quienes me brindaron su apoyo y me escucharon en mis momentos difíciles.

Evelyn Katerine



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 11

ABSTRACT..... 12

CAPITULO I

INTRODUCCION

1.1. OBJETIVO GENERAL 15

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 15

CAPITULO II

REVISION DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES 16

2.2. CEBADA..... 20

2.2.1. Taxonomía de la cebada 21

2.2.2. Importancia y producción de la cebada 21

2.2.3. Composición química del grano de cebada 25

2.3. CUY..... 26

2.3.1. Fisiología y anatomía digestiva del cuy..... 27

2.3.2. Alimentación y Nutrición del cuy..... 29

2.3.3. Consumo de alimento y digestibilidad..... 32

2.3.4. Digestibilidad..... 35



| | |
|----------------------|----|
| 2.3.5. Energía | 40 |
|----------------------|----|

CAPITULO III

MATERIALES Y METODOS

| | |
|---|----|
| 3.1. LUGAR DE ESTUDIO | 44 |
| 3.2. MATERIAL DE ESTUDIO | 44 |
| 3.2.1. Material biológico..... | 44 |
| 3.2.2. Harina de cebada..... | 45 |
| 3.2.3. Instalaciones..... | 45 |
| 3.2.4. Elaboración de las dietas experimentales | 46 |
| 3.2.5. Materiales de campo | 48 |
| 3.2.6. Equipos | 48 |
| 3.2.7. Materiales de laboratorio | 49 |
| 3.2.8. Otros materiales | 49 |
| 3.3. METODOLOGÍA..... | 50 |
| 3.3.1. Etapa pre experimental | 50 |
| 3.3.2. Etapa experimental | 50 |
| 3.3.3. Análisis estadístico | 55 |

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

| | |
|---|----|
| 4.1 COMPOSICIÓN QUÍMICA | 57 |
| 4.2 CONSUMO Y DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA SECA | 59 |
| 4.2.1. Consumo de materia seca | 59 |
| 4.2.2 Digestibilidad aparente de materia seca (DMS) | 61 |
| 4.3 VALOR ENERGÉTICO | 65 |
| 4.3.1 Valor energético de la harina de cebada | 65 |



| | |
|--|----|
| 4.3.2 Valor energético de las dietas | 67 |
| V. CONCLUSIONES | 69 |
| VI. RECOMENDACIONES | 70 |
| VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS | 71 |
| ANEXOS | 84 |

ÁREA : Alimentación Animal.

TEMA: Valor nutricional y energía de la harina de cebada en cuyes.

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 22 de septiembre de 2022



ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|-------------------|--|-----|
| Figura 1. | Diseño de jaula metabólica..... | 46 |
| Figura 2. | Recepción de cuyes en pozas | 101 |
| Figura 3. | Pesado de ingredientes..... | 101 |
| Figura 4. | Preparación de ingredientes..... | 101 |
| Figura 5. | Mezclado de insumos y preparación de dietas | 101 |
| Figura 6. | Pesado de alimento ofrecido a los cuyes | 101 |
| Figura 7. | Alimentación de cuyes con alfalfa y alimento balanceado en la semana de adaptación..... | 101 |
| Figura 8. | Control de peso de los cuyes | 102 |
| Figura 9. | Recolección de heces..... | 102 |
| Figura 10. | Rotulación de las bolsa de papel craff para las muestras | 102 |
| Figura 11. | Balanza analítica para el pesaje de las bolsas de papel craff y pesaje de muestras | 102 |
| Figura 12. | Desecador de vidrio | 102 |
| Figura 13. | Estufa: introducir y dejar las muestras 72 horas..... | 102 |
| Figura 14. | Traslado de las muestras en el desecador para su posterior pesado | 103 |
| Figura 15. | Pesado de las muestras después de las 72 horas..... | 103 |



ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|------------------|--|----|
| Tabla 1. | Resultados comparativos con otros autores que utilizaron la harina de cebada. | 18 |
| Tabla 2. | Principales países productores a nivel mundial. | 22 |
| Tabla 3. | Puno: intenciones de siembra y siembras por cultivo según campaña, agosto 2017 - julio 2019 (hectáreas). | 24 |
| Tabla 4. | Composición del grano de cebada. | 25 |
| Tabla 5. | Análisis químico proximal de la harina de cebada. | 25 |
| Tabla 6. | Requerimientos nutricionales del cuy. | 30 |
| Tabla 7. | Consumo de forraje y alimento balanceado por día en cuyes. | 33 |
| Tabla 8. | Distribución tratamientos y número de animales. | 45 |
| Tabla 9. | Composición porcentual de las dietas experimentales. | 47 |
| Tabla 10. | Contenido nutricional calculado de las dietas experimentales en base seca. | 48 |
| Tabla 11. | Valor nutricional de la harina de cebada con cascara de Base Seca. | 57 |
| Tabla 12. | Consumo voluntario de materia seca en cuyes. | 59 |
| Tabla 13. | Digestibilidad de materia seca de las dietas promedios. | 62 |
| Tabla 14. | Digestibilidad de la materia seca de la harina de cebada. | 63 |
| Tabla 15. | Valor energético de la harina de cebada. | 65 |
| Tabla 16. | Valor energético de la materia seca de las dietas. | 67 |



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

| | |
|------------------|---|
| AOAC | : Association of official analytical chemists |
| CMS | : Consumo de materia seca |
| GNF | : Glúcidos no fibrosos |
| DMS | : Digestibilidad de materia seca |
| DMS _i | : Digestibilidad de materia seca del insumo |
| EB | : Energía bruta, energía consumida en el alimento |
| ED | : Energía digestible |
| ED _i | : Energía digestible del insumo |
| EE | : Extracto etéreo |
| EF | : Energía excretada en las heces |
| ELN | : Extracto libre de nitrógeno |
| EMDA | : Evaluación de la dinámica agropecuaria mensual |
| EMS | : Excreción de materia seca |
| ENN | : Extracto no nitrogenado |
| ENIS | : Encuesta nacional intensiones de siembra |
| FDN | : Fibra detergente neutro |
| FAO | : Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la agricultura |
| FC | : Fibra cruda |
| H° | : Humedad |
| IMS | : Ingestión de materia seca |
| INIA | : Instituto nacional de innovación agraria |
| INEI | : Instituto de estadística e informática |
| Kcal/g | : Kilo calorías por gramo |



| | |
|------------|---|
| LENA | : Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos |
| Mcal/kg | : Mega calorías por kilogramo |
| MF | : Materia fresca |
| MFO | : Materia fresca ofrecida |
| MINAGRI | : Ministerio de agricultura y riego |
| MS | : Materia seca |
| MSC | : Materia seca consumida |
| MSE | : Materia seca excretada |
| MSI | : Materia seca ingerida |
| MSO | : Materia seca ofrecida |
| MSR | : Materia seca rechazada |
| NDT | : Nutrientes digestibles totales |
| NDTi | : Nutrientes digestibles totales del insumo |
| NMF | : Nitrógeno fecal |
| NRC | : National Research Council |
| ONU | : Organización de naciones unidas |
| PC | : Proteína cruda |
| PT | : Proteína total |
| SENAMHI | : Servicio nacional de meteorología e hidrología del Perú |
| SIEA | : Sistema integrado de estadística agraria |
| TC | : Tamaño de camada |
| $W^{0.75}$ | : Peso metabólico |



RESUMEN

La investigación tuvo como objetivos determinar el valor nutricional y estimar la energía de la harina de cebada en cuyes en crecimiento criados en altura, las variables de medición fueron: composición química, consumo y digestibilidad aparente de la materia seca, y valor energético. El experimento se realizó en el bioterio de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNA-Puno, con 12 cuyes machos de 2 meses de edad de línea Perú, distribuidos al azar en tres tratamientos: T0 (sin harina de cebada), T1 (20 % de harina de cebada) y T2 (40% de harina de cebada). El consumo voluntario se halló por diferencia del alimento ofrecido y rechazado, digestibilidad por el método convencional *in vivo* y se estimó el valor energético como en nutrientes digestibles totales (NDT) y energía digestible (ED). Se utilizó el diseño completamente al azar, la comparación de medias con la prueba de Dunnett y la prueba de T. Los resultados demostraron que la harina de cebada posee 9.02 % de H°, 14.62 % de PT, 9.46 % de EE, 32 % de FDN, 5.06 % de Ceniza y 29.84 % de GNF; el consumo de materia seca según peso metabólico fue de 58.6 ± 7.4 , 54.6 ± 7.5 y 56.1 ± 6.6 g/Wkg^{0.75} ($p > 0.05$); la digestibilidad aparente de la dieta fue de 73 ± 1.5 , 65.9 ± 3.9 , 69.8 ± 4.8 % ($p \leq 0.05$), el estimado del valor energético de NDT fue de 70.4 ± 1.5 , 62.9 ± 3.9 , 66.9 ± 4.1 % ($p < 0.05$) y ED de 3.3 ± 0.07 , 2.9 ± 0.2 , 3.1 ± 0.2 Kcal/g ($p < 0.05$), para el T0, T1 y T2 respectivamente. Se concluye que la harina de cebada por su valor nutricional y su valor energético puede ser incluida en la dieta de cuyes hasta en un 40 %.

Palabras Clave: harina de cebada, cuyes, consumo, digestibilidad, nutrientes digestibles totales, energía digestible.



ABSTRACT

The objectives of the research were to determine the nutritional value and estimate the energy of barley meal in growing guinea pigs raised at altitude, the variables measured were: chemical composition, consumption and apparent digestibility of dry matter, and energy value. The experimental was carried out in the biotherium of the Faculty of Veterinary Medicine and Animal Husbandry of the UNA-Puno, with 12 2-month-old male guinea pigs of the Peruvian line, randomly distributed in three treatments: T0 (no barley meal), T1 (20% barley meal) and T2 (40% barley meal). Voluntary intake was found by difference of offered and rejected feed, digestibility by the conventional in vivo method and energy value was estimated as total digestible nutrients (TDN) and digestible energy (DE). The results showed that barley flour has 9.02 % of H^o, 14.62 % of TP, 9.46 % of EE, 32 % of NDF, 5.06 % of Ash and 29.84 % of GNF; dry matter intake according to metabolic weight was $58.6.1 \pm 7.4$, 54.6 ± 7.5 and 56.1 ± 6.6 g/Wkg^{0.75} ($p > 0.05$); apparent digestibility of the diet was 73 ± 1.5 , 65.9 ± 3.9 , 69.8 ± 4.8 % ($p \leq 0.05$), estimated NDT energy value was 70.4 ± 1.5 , 62.9 ± 3.9 , 66.9 ± 4.1 % ($p < 0.05$) and ED of 3.3 ± 0.07 , 2.9 ± 0.2 , 3.1 ± 0.2 Kcal/g ($p < 0.05$), for T0, T1 and T2 respectively. It is concluded that barley meal for its nutritional value and energy value can be included in the guinea pig diet up to 40%.

Keywords: barley meal, guinea pigs, intake, digestibility, total digestible nutrients, digestible energy.



CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

La crianza del cuy representa una de las actividades económicas más importantes para la población rural (CENAGRO, 2012) constituyéndose en una excelente alternativa para diversificar la dieta, considerando su carne como una fuente para la seguridad alimentaria por su alto contenido de proteína; además de generar ingresos económicos (Meza et al., 2014); por lo que su crianza ha ido creciendo en los últimos años, representando una alternativa de producción a bajo costo y alta eficiencia reproductiva.

La escasa de información de la composición química de ingredientes en altitud a 3820 msnm para la formulación de raciones dificulta la elaboración de dietas, sin embargo, si no es posible analizar los insumos a utilizar, se puede utilizar tablas proporcionadas por la Universidad de Florida y por el NRC; dichos organismos poseen limitaciones en información especialmente en el contenido de vitaminas y energía de productos agrícolas destinados a la alimentación animal.

La alimentación es un factor de mayor importancia de la producción, representa mas del 50% de los costos totales en la explotación pecuaria, el cual puede ser a base de forrajes, mixta (forrajes y concentrado) e integral (solo concentrado) (Chauca, 1997). En la sierra del Perú el forraje es estacional debido a la ausencia de lluvia y la presencia de heladas, siendo esto una limitación importante para que la producción de cuyes sea persistente durante el año, además de que solo cubren las necesidades de mantenimiento y escasamente las exigencias nutritivas (Jimenez, 2016), en donde se ve afectada la energía principalmente, por ello siempre se está en la búsqueda de nuevas alternativas de



insumos alimenticios, para obtener una ventaja comparativa con relación a la producción y necesidades de esta especie, sin embargo requiere conocer el valor nutricional de estos insumos así como su digestibilidad (Barrera et al., 2015), el valor energético de estos alimentos que dependerá principalmente de su digestibilidad y se puede corregir mediante la suplementación de insumos con mayor densidad energética (Quintana, 2009).

La importancia de conocer los valores de energía digestible básicamente es por ser más útil para describir las necesidades energéticas del animal y el contenido energético de los alimentos. Además, actualmente se conoce el valor de la energía digestible de la mayoría de los alimentarios utilizados en la alimentación de cerdos domésticos (Morales, 2002). Actualmente la (NRC, 1995) recomienda que el requerimiento energético sea en base a la energía metabolizable con un mínimo de 3.0 Mcal EM/kg, además de eso tanto la digestibilidad y el valor de energía está influenciada por la composición química (Hidalgo & Valerio, 2020).

La harina de cebada (*Hordeum vulgare*) puede ser utilizada en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus*), por ser considerado como un excelente recurso alimenticio; su inclusión en dietas en animales con lleva a la producción de carne de buena calidad; este insumo contiene más proteínas totales y niveles más elevados de lisina, triptófano, metionina y cisteína a diferencia del maíz, sin embargo, su valor nutricional es menor por contener más fibra; pudiendo formar parte hasta de 60% de la ración (Aliaga et al., 2009); por lo que ante la poca disponibilidad de alimentos sobre todo en época seca, puede ser considerado como un insumo alternativo en la formulación de alimentos para los cuyes, como suplemento o parte de la suplementación de otras fuentes, ya que es un insumo local que está disponible todo el año, considerado un alimento energético y de bajo costo



(Meza, 2010). Por lo expuesto anteriormente se realizó la presente investigación para conocer el valor nutricional y estimar la energía de la harina de cebada en la alimentación de cuyes en crecimiento criados en altura.

1.1. OBJETIVO GENERAL

- Determinación del valor nutricional y estimación de energía de la harina de cebada en cuyes en altura.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinación de la composición química de la harina de cebada.
- Determinación del consumo y digestibilidad de materia seca de las dietas con harina de cebada.
- Estimación del valor energético de las dietas con harina de cebada.



CAPITULO II

REVISION DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

Meza (2010) realizó un trabajo en la estación experimental IVITA – El Mantaro, cuyos tratamientos fueron: T0 cobayas en pozas individuales alimentadas solo con forraje verde (Rye grass italiano y trébol rojo); T1: cobayas en pozas individuales alimentadas con forraje verde y suplementadas con harina de cebada; T2: cobayas en pozas individuales alimentadas con forraje verde y suplementadas con harina de haba; y T3: cobayas en pozas individuales alimentadas con forraje verde y suplementadas con harina de cebada y de haba; donde se observó que la inclusión de harina de cebada a una ración forrajera, incrementó la proporción de cobayas con camada mayor a tres crías en un 52% y que además el consumo de ED superior a 2.8Mcal/kg posee un mayor efecto que el consumo de PC mayor a 18%, durante esta etapa.

Quintana et al. (2013) evaluaron la suplementación con harina de cebada y bloque mineral sobre la ganancia de peso, consumo, conversión alimenticia, edad de sacrificio, costos de producción y relación beneficio-costos en 250 cuyes machos destetados que fueron alimentados con alfalfa (F) como dieta base o control, cuando se suplementaron con harina de cebada mejoró ($P < 0.05$) la ganancia de peso 522g/cuy vs 419g/cuy de F, consumo 2794 g vs 2386 g de F y la edad de sacrificio 9,7 semanas (S) vs 11,6 del F, en tanto que la suplementación con bloque mineral solo tuvo un efecto en esta última variable con 9,7. Asimismo, el control y la suplementación con cebada presentaron el mejor rendimiento económico con una relación costo beneficio de 1,98 contra 2,04 de F.



Vidaurre et al. (2020) llevó a cabo un estudio con el objetivo de evaluar tres niveles de inclusión de 0%, 20% y 40% de cebada grano en reemplazo de maíz, en el alimento balanceado integral (con exclusión de forraje verde) para cuyes en la etapa de crecimiento, medido sobre la ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia, rendimiento de carcasa y retribución económica. Se trabajó con 48 cuyes machos mejorados tipo 1, destetados de 14 ± 3 días de edad, distribuidos al azar en doce unidades experimentales de cuatro animales cada una. Las dietas integrales se evaluaron durante siete semanas, siendo suministradas ad libitum al igual que el agua de bebida. Los resultados indican que el reemplazo del maíz por la cebada no mostró efectos sobre ninguno de los parámetros evaluados ($p > 0,05$). Se pueden usar niveles de hasta 40% de cebada en dietas para cuyes en crecimiento, en reemplazo total de fuentes energéticas como el maíz.

Lopez (2015) evaluó el comportamiento reológico de las mezclas de harinas de trigo con harina de cebada y arveja para la elaboración de pan de molde integral, las mezclas tienen como límites de 85% a 100% para harina de trigo y 0% a 15% para harina de arveja y cebada, el número de mezclas fueron establecidas por el diseño de mezclas simplex reticular del paquete estadístico STATGRAPHICS 7.0., dicho paquete estableció 6 mezclas (harina de trigo, harina de cebada y harina de arveja) y un control o testigo. Se determinó la composición química proximal de las harinas empleadas en la mezcla.

Sosa (2013), en una investigación en Huancayo, con el objetivo evaluar la calidad nutricional de la harina de lombriz para la alimentación de cuyes, a través de un ensayo de digestibilidad por el método indirecto de la harina de lombriz (HL), cuya materia seca (MS) fue de 77,16%; 66,9% de proteína total (PT); 10% de extracto etéreo (EE); 21,1% de ELN y 9% de ceniza. Los coeficientes de digestibilidad de la MS para los 2 niveles de

HL utilizados fueron 64,14% y 71,88%; los valores para la PT fueron 91,87% y 94,04%; para el EE fueron de 69,67% y 75,12%; para el ELN fueron 33,24% y 49,43% y para la materia orgánica (MO) fueron 69,26% y 74,09%, respectivamente. Los contenidos de nutrientes digestibles totales (NDT) para la HL fueron 80,15% y 90,25%, al combinarlos con 10 y 20% con la cebada molida. El consumo voluntario de MS, en la fase experimental, con las dietas conteniendo 10 y 20% de HL fue afectado por el nivel de inclusión de HL, siendo de 1,44 y 3,30 g/día, equivalente a 0,22 y 0,46% en base al peso vivo. La digestibilidad y contenido de NDT fue mejor cuando se utilizó 20% de HL.

Tabla 1. Resultados comparativos con otros autores que utilizaron la harina de cebada.

| | Castro y Chirinos (2007) | Lopez (2015) | Quintana (2009) | Sosa (2013) |
|-------------|-----------------------------|--------------|--------------------|-------------|
| Humedad | 17.8% | 10.98% | 7.66% | 11.38% |
| Proteínas | 11.29% | 7.42% | 10.70% | 11.81% |
| Grasa | 6.50% | 1.52% | 3.12% | 3.50% |
| Fibra cruda | 2.4% | 2.49% | 7.74% | 6.10% |
| Ceniza | 1.2% | 2.90% | 3.17% | 2.00% |
| ELN | 54.28% | | 75.28% | 76.6% |

Fuente: Castro y Chirinos (2007); Lopez (2015); Quintana (2009); Sosa (2013)

Jara (2017) La investigación tuvo como objetivo determinar el valor nutricional de la broza de quinua “k’iri” en cuyes, para lo cual se utilizó una muestra de 8 cuyes machos de la raza Perú de 3 meses de edad con un peso de 809.9?44.2 g, distribuidos en cuatro tratamientos: T0 (dieta basal + 0 % broza); T1, T2 y T3 (basal + 10, 20 y 30 % de broza de quinua, respectivamente). La composición química se determinó por los métodos oficiales de la AOAC (1995) y el método Van Soest (1991); el consumo



voluntario, por diferencia entre materia seca ofrecida y rechazada; la digestibilidad por el método convencional in vivo; y el valor energético por deducción de la digestibilidad. Los resultados indican que la broza de quinua es un residuo fibroso de baja humedad ($H^{\circ}4.98\%$), con EE 1.52%, FDN 39.84%, PT 4.06%, CT 7.67% y EB 4.17Kcal/g de materia seca. El consumo voluntario de materia seca fue similar en los tres niveles de inclusión con relación a la dieta control, con un promedio general de 45.9 ± 0.9 g/d, $5.3 \pm 0.1\%$ del peso vivo y 52.7 ± 1.1 g/WKg^{0.75}. La digestibilidad de la materia seca de la broza de quinua fue similar entre tratamientos, con un promedio de $53.83 \pm 1.5\%$, NDT $56.99 \pm 4.1\%$ y ED 1.625 ± 0.217 Kcal/g de materia seca.

Villegas & Roa (2020) determinó la digestibilidad In vivo en cuyes suministrando Mo, ad libitum como reemplazó parcial de un concentrado comercial (CC), se utilizaron 24 cuyes machos de peso promedio 1000 ± 100 gr distribuidos en un diseño completamente al azar, con cuatro tratamientos (T), tres repeticiones con dos unidades experimentales cada una: T1: Mo más CC al 1% de su peso vivo (PV) T2: Mo con CC al 2% de PV, T3 Mo más CC al 3% de PV y T4: Mo únicamente. Se hicieron pruebas comparación múltiple utilizando el método Tukey. Las variables evaluadas fueron coeficientes de digestibilidad de: materia seca (MS), Proteína (PR), Grasa (GR), Extracto no nitrogenado (ENN), fibra cruda (FC), % nutrientes digestibles totales (NDT); y cálculos de: Energía digestible (ED) y metabolizable (EM), Los coeficientes de digestibilidad fueron mayores ($P < 0,05$) para T2 Y T3 en MS (0,62 y 0,68) Pr (0,67 y 0,73), ENN (0,56y 0,64), NDT(61,29 y 68,09), ED (269 y 2,99) y EM (2,32-y ,58) respectivamente y entre estos dos tratamientos no existieron evidencias significativas según la prueba de Tukey para las anteriores variables. Por su parte el coeficiente de digestibilidad de GR y la excreción de MS no observaron una varianza significativa en



los cuatro tratamientos. El T3 fue el que obtuvo los mayores coeficientes de digestibilidad ($P < 0,05$) de EB (3,89) Y FC (0,74), Tabla 1. Se concluye que en cuyes se puede reemplazar el CC por Mo hasta el 3% del PV, observándose un efecto positivo de este forraje sobre la digestibilidad de la MS, PR y ENN, no obstante el reemplazo al 2% de su peso vivo en materia seca no genera diferencias significativas con respecto al 3% generando así un ahorro de 1% en la dieta con el suministro del concentrado.

2.2. CEBADA

La cebada (*Hordeum vulgare*) es uno de los cereales más antiguos que el hombre ha cultivado. Tuvo orígenes en Asia y su cultivo en la China se ha registrado hace 2.800 A.C. donde se utilizaba como alimento humano y animal al igual que en Egipto. Es un alimento de alto rendimiento, con gran valor nutritivo que se puede producir durante todo el año (Cayllahua et al., 2015).

El grano de cebada es frecuentemente utilizada como suplemento por su alto contenido energético, que se encuentra alrededor de 3.68 Mcal ED/kg MS (Laforé et al., 1999), siendo parte de los sistemas productivos y servir como alimento tanto para consumo humano como animal (Collantes & Gómez, 2022), en países del Sur es casi utilizado para animales y todos los herbívoros aceptan este cereal.

Es un excelente recurso alimenticio; produce carne firme de buena calidad que contiene más proteínas totales y niveles más elevados de lisina, triptófano, metionina y cistina que el maíz, pero su valor nutricional es menor por tener más fibra; pudiendo formar parte hasta del 60% de la ración (Aliaga et al., 2009). Además, es un ingrediente energético con mayor disponibilidad en la sierra del país por su mejor adaptación al clima;



esto constituye una alternativa de reemplazo del maíz, con la ventaja de disminuir los costos de alimentación y maximizar la producción de esta especie en zonas alto andinas, siendo necesaria su evaluación.

2.2.1. Taxonomía de la cebada

El grano de cebada es una planta monocotiledónea anual perteneciente a (Marco & Molina, 2008):

- Reino: Plantae
- División: Magnoliophyta
- Clase: Liliopsida
- Orden: Poales
- Familia: Poaceae (gramíneas).
- Género: *Hordeum*
- Especie: *Hordeum vulgare*, *Hordeum spontaneum* (silvestre), *Hordeum distichum* L., (para la obtención de cerveza) y *Hordeum hexastichum* L. (como forraje).

2.2.2. Importancia y producción de la cebada

El grano de cebada (*Hordeum vulgare* L) es un cultivo que ocupa el cuarto lugar en importancia global, por detrás del trigo, el maíz y el arroz (Waugh et al., 2001). En el Perú, se cultiva mayormente en la sierra, siendo un cultivo rústico, de ciclo vegetativo corto, con capacidad de adaptación y de buen rendimiento. En 2017 se sembró cerca de 145 000 ha, obteniéndose rendimientos de 1.1 t/ha y una producción de 227 000 t, mayormente en la sierra en altitudes entre 2500 y 3800 msnm (SIEA, 2018), sin embargo,

los cambios bruscos de temperatura pueden afectar los tejidos en crecimiento activo, como es el caso de los órganos florales (Agropal, 2021).

A continuación, se muestran los principales países productores a nivel mundial.

Tabla 2. Principales países productores a nivel mundial.

| Países | Producción año 2001 (millones de toneladas) |
|-----------------|--|
| Alemania | 13.589.000 |
| Australia | 5.893.000 |
| Canadá | 11.103.300 |
| República Checa | 1.850.000 |
| China | 4.000.000 |
| Dinamarca | 4.100.000 |
| España | 6.944.500 |
| E.E.U.U. | 5.737.510 |
| Finlandia | 1.850.000 |
| Francia | 9.851.000 |
| Irán | 1.400.000 |
| Kazajstán | 2.330.000 |
| Marruecos | 1.216.000 |
| Polonia | 3.339.747 |
| Reino Unido | 6.690.000 |
| Suecia | 1.600.000 |
| Turquía | 6.600.000 |
| Ucrania | 7.100.000 |
| Uruguay | 225.200 |

Fuente: FAO (2001)



La región de Puno posee alrededor de 51 cultivos, donde las mayores superficies cosechadas son diez (10): papa (59 711 ha), quinua (35 269 ha), cebada grano (25 625 ha), haba grano seco (9 832 ha), avena grano (7 792 ha), cañihua (5 704 ha), maíz amiláceo (3 768 ha), oca (3 424 ha), olluco (3 042 ha), maíz amarillo duro (2 527 ha) y yuca (1 903 ha) (SIEA-DGESEP-MINAGRI, 2017).

Tabla 3. Puno: intenciones de siembra y siembras por cultivo según campaña, agosto 2017 - julio 2019 (hectáreas).

| CULTIVOS | Intenciones de Siembra 2018-2019 | Campaña agrícola | | | | | |
|----------------------------|----------------------------------|---|------------------------|-------------|---|-------------|------------|
| | | Intenciones 2018-19 / campaña 2017-18 | | | Intenciones 2018-19/ Promedio 5 camp. Ejecut. | | |
| | | Promedio 5 últimas Cam. Ejecutadas ^P | 2017-2018 ^P | % | ha | % | ha |
| TOTAL | 147,640 | 144,141 | 145,961 | 1.2 | 1,679 | 2.4 | 3499 |
| Papa | 60,333 | 58,760 | 60,130 | 0.3 | 203 | 2.7 | 1,573 |
| Quinua | 35,931 | 34,113 | 35,916 | 0.0 | 15 | 5.3 | 1,818 |
| Cebada grano | 25,566 | 26,856 | 24,779 | 3.2 | 787 | -4.8 | -1,290 |
| Haba grano seco | 10,255 | 10,071 | 9,855 | 4.1 | 400 | 1.8 | 184 |
| Maiíz amiláceo | 4,119 | 3,598 | 3,904 | 5.5 | 215 | 14.5 | 521 |
| Olluco | 3,173 | 2,578 | 2,772 | 14.5 | 401 | 23.1 | 595 |
| Maiíz amiláceo duro | 2,540 | 2,390 | 2,583 | -1.7 | -43 | 6.3 | 150 |
| Yuca | 1,753 | 1,787 | 2,013 | -12.9 | -206 | -1.9 | -34 |
| Trigo | 1,470 | 1,475 | 1,493 | -1.5 | -23 | -0.3 | -5 |
| Arveja grano seco | 1,078 | 1,079 | 1,053 | 2.4 | 25 | -0.1 | -1 |
| Otros cultivos (9) | 1,422 | 1,434 | 1,463 | -2.8 | -41 | -0.9 | -12 |

Fuente: ENIS (2018) y EMDA (2017-2018)

2.2.3. Composición química del grano de cebada

En la siguiente tabla se muestra la composición del grano de cebada.

Tabla 4. Composición del grano de cebada.

| Componentes | Porcentajes (%) |
|-------------|-----------------|
| Humedad | 12-13 |
| Glúcidos | 65-72 |
| Proteína | 10 -11 |
| Grasa | 1.5-2.5 |
| Fibra | 2.5-4.5 |
| Ceniza | 2-3 |

Fuente: Callejo (2002)

El grano de cebada es frecuentemente utilizado en las raciones de los rumiantes como componente principal, ya que ofrece valores nutritivos que satisfacen la demanda energética y proteica (ED: 3.68Mcal/kg MS; PC: 13.15%), además es altamente digestible por su baja fibra (12.82%) (Laforé, 1999 citado por Meza, 2010).

Tabla 5. Análisis químico proximal de la harina de cebada.

| Componentes | Harina cebada (%) |
|-------------|-------------------|
| Proteínas | 7.42 ±0.2 |
| Grasas | 1.52 ±0.25 |
| Humedad | 10.98 ±0.3 |
| Cenizas | 2.90 ±0.25 |
| Glúcidos | 74.6 |
| Fibra | 2.49 ±0.25 |

Fuente: Lopez (2015)

El aporte nutricional de la harina de cebada 13.5 % de proteína cruda (PC), ED de 3.48 Mcal/kg y digestibilidad de 79% (Meza, 2010) así mismo Sánchez et al. (2013)



obtuvo resultados de 2.7% de PC y 79% de ENN. El porcentaje de humedad promedio fue de 79.5, 16 y 4% para forraje verde, forraje henificado y harina de cebada, respectivamente.

Estudios demuestran que la alimentación con cebada germinada representa una alternativa de alimentación complementaria obteniendo una buena conversión alimenticia, mayor ganancia de peso y un costo unitario accesible en la crianza de cuyes (Carrasco, 1994; Dextre, 1997; Mazuelos, 1996; Orihuela, 1995).

2.3. CUY

El cuy (*Cavia porcellus*) también conocido como cobayo, curi, conejillo de indias o guinea pig, es una especie originaria de la región andina de América que comprende a Perú, Ecuador, Colombia y Bolivia, es un producto ancestral, la base proteica animal de la dieta de los pobladores rurales (Aliaga, 1996; Salinas, 2002; Chauca, 2005; Aliaga et al., 2009), son pequeños roedores herbívoros monogástricos, establece que la ventaja de la crianza de cuyes incluye su rusticidad, fertilidad, ciclo reproductivo corto, la facilidad de adaptación a diferentes ecosistemas y su alimentación versátil que utiliza insumos no competitivos con la alimentación de otros monogástricos.

El cuy es considerado como un producto alimenticio de alto valor nutricional por la ONU y la FAO contribuyendo a la seguridad alimentaria de la población rural de escasos recursos económicos (Sánchez et al., 2009). La carne de cuy es un alimento de alto valor nutricional y de excelente calidad, se caracteriza por su alto nivel proteico, alto contenido en ácidos grasos poliinsaturados, bajo contenido de grasa y colesterol, pudiendo ser consumida por personas mayores sin ningún riesgo; además de tener un alto valor biológico consistente en el aporte de aminoácidos esenciales y su alta digestibilidad,



es rica en vitaminas liposolubles y minerales (Guevara et al., 2013). Por ello los criadores de cuyes mejoran los rendimientos productivos suministrando alimentos balanceados con el uso de ingredientes de buena calidad y de bajo costo, optimizando los costos de alimentación. En este sentido, el uso de fuentes poco convencionales como el grano de cebada (Lozada et al., 2013; Quintana et al., 2013) representa un ingrediente alternativo en la alimentación del cuy, por lo que es necesario conocer los niveles de inclusión en la dieta, así como su composición química, digestibilidad y el valor energético de este insumo.

2.3.1. Fisiología y anatomía digestiva del cuy

El cuy es un mamífero herbívoro monogástrico, con dos tipos de digestión, la primera con enzimas a nivel del estómago y el intestino delgado, y la otra con microorganismos a nivel del ciego, por lo que es clasificado como un fermentador posgástrico (Hiyagon, 2014).

El proceso de la digestión inicia en la boca, en la cual se encuentran las piezas dentarias las cuales están diseñadas para cortar y triturar el alimento, mediante la cual se produce la masticación y reduce el tamaño de ingesta para poder mezclarse con la saliva para facilitar la acción de las enzimas digestivas sobre el contenido celular del bolo, el cual pasa a través de esófago y llega al estómago (Bustamante, 1997; Sakaguchi, 2003).

En el estómago se lleva a cabo la secreción de ácido clorhídrico, enzimas: lipasa, amilasa, y pepsina gástrica, cuya función es disolver los alimentos y destruir las bacterias que son ingeridas en el alimento; la mayor parte de la digestión y absorción ocurre en el intestino delgado, donde continua la digestión por las enzimas biliares, mientras que los



alimentos no digeridos, el agua no absorbida y las secreciones de la última parte del intestino delgado pasan al intestino grueso (Aliaga et al., 2009; Chauca, 1995).

El intestino grueso del cuy es un órgano desarrollado, que incluye el ciego, cuya función es descomponer una gran cantidad de alimentos ricos en celulosa (Aliaga et al., 2009). Las especies de bacterias encontradas a este nivel son las *Bifidobacterium longum*, *Fibrobacter succinogenes*, y *Faecalibacterium prausnitzii*, que participan en diversos procesos metabólicos, como la digestión y absorción de nutrientes y síntesis de moléculas beneficiosas (López, 2019).

En esta porción se produce la digestión fermentativa, producto de este proceso se obtiene ácidos grasos de cadena corta, vitaminas del complejo B y proteína microbiana. El cuy desarrolla un mecanismo de separación colónica, el cual consiste en movimientos antiperistálticos en los surcos del colon proximal el cual hace que retornen los microorganismos del colon proximal hacia el ciego. (Rico & Rivas, 2003; Sakaguchi, 2003).

La cecotrófia es la ingestión de los llamados cecotrofos (heces blandas), con alto contenido de proteína, que permite aprovechar la fibra y reutilizar el nitrógeno que no ha sido absorbido por el organismo a través de una segunda digestión, esta actividad es nocturna al igual que en los conejos (Hiyagon, 2014).



2.3.2. Alimentación y Nutrición del cuy

2.3.2.1. Alimentación

La alimentación es muy importante ya que los cuyes son productores de carne los cuales necesitan del suministro de una alimentación completa y bien equilibrada ya que no se trata solo de administrar alimento y llenar su capacidad digestiva con forraje, sino de administrar en cantidades adecuadas y con nutrientes suficientes que puedan cubrir sus requerimientos nutricionales; por esta razón la alimentación en los cuyes debe ser en base a una selección y combinación de productos (Revollo, 2009), este requerimiento nutricional varía según la etapa fisiológica sea: lactancia, crecimiento, engorde y/o reproducción. Es necesario para disponer de proteína, energía, fibra, minerales, vitaminas y el agua, que el cuy los obtiene de los diferentes tipos de alimentos empleados, ya sea de las gramíneas, leguminosa, malezas, hortalizas, concentrados y balanceados (Vergara, 2009).

2.3.2.2. Alimento balanceado

El alimento balanceado es una mezcla homogénea de distintas proporciones de ingredientes, las cuales son formuladas con la finalidad de satisfacer en lo posible las necesidades de una población animal. La elaboración de estos alimentos contiene una alta concentración de energía, proteína y minerales. Son preparados utilizando maíz, trigo, cebada, torta de soya y melaza, Adicionalmente puede incluirse, minerales, sal. (Asoprocuy, 2008; Tobar et al. 2010), para agregar una variedad de ingredientes, dependerá de la oferta, fácil adquisición y valor nutritivo de los mismos (Noboa et al. 2010; Rubio, 2010).



Con una dieta exclusivamente de alimento concentrado, los cuyes tienden a consumir mayor cantidad de agua, pudiendo llegar a tomar hasta 140 ml/cuy/día, esto equivaldría al 15% de su peso vivo. (Hidalgo et al. 1995 citado por Montalvo & Navarro, 2012).

2.3.2.3. Requerimientos nutricionales del cuy

La cantidad necesaria de nutrientes que deben estar presentes en la dieta alimenticia diaria de los animales para que pueda desarrollarse y reproducirse con normalidad.

Tabla 6. Requerimientos nutricionales del cuy.

| Componente Nutritivo | Cantidad |
|-------------------------------|-----------|
| Proteína (%) | 18 |
| Energía digestible (Kcal/Kg) | 3000.0 |
| Fibra (%) | 15.0 |
| Ácidos grasos insaturados (%) | menor 1.0 |
| Calcio (%) | 0.8 |
| Fosforo (%) | 0.4 |
| Magnesio (%) | 0.1 |
| Potasio (%) | 0.5 |
| Sodio (%) | 0.20 |
| Cinc (mg/Kg) | 20.0 |
| Manganeso (mg/Kg) | 40.0 |
| Cobre (mg/Kg) | 6.0 |
| Yodo (ug/Kg) | 150.0 |
| Selenio (ug/Kg) | 150.0 |
| Cromo (mg/Kg) | 0.6 |
| Hierro (mg) | 50.00 |
| Molibdeno (mg) | 150.0 |



| | |
|-------------------------|---------|
| Vitamina A (mg/Kg) | 6.6 |
| Vitamina D (mg/Kg) | 0.025 |
| Vitamina E (mg/Kg) | 26.7 |
| Vitamina K (mg/Kg) | 5.0 |
| Vitamina C (mg/Kg) | 200.0 |
| Tiamina (mg/Kg) | 2.0 |
| Riboflavina (mg/Kg) | 3.0 |
| Niacina (mg/Kg) | 10.0 |
| Piridoxina (mg/Kg) | 2.0-3.0 |
| Ácido fólico (mg/Kg) | 3.0-6.0 |
| Colina (g/Kg) | 1.8 |
| Arginina (%) | 1.20 |
| Histidina (%) | 0.36 |
| Isoleucina (%) | 0.60 |
| Leucina (%) | 1.08 |
| Lisina (%) | 0.84 |
| Metionina (%) | 0.36 |
| Metionina + cistina (%) | 0.60 |
| Fenilalanina (%) | 1.08 |
| Treonina (%) | 0.60 |
| Triptófano (%) | 0.18 |
| Valina (%) | 0.84 |

Fuente: NRC 1995

Los requerimientos nutricionales de los cuyes permite elaborar raciones balanceadas que logren satisfacer las necesidades en cada una de las fases biológicas como son la gestación, lactancia y engorde (Meza et al., 2014).



2.3.3. Consumo de alimento y digestibilidad

2.3.3.1. Consumo

El consumo voluntario de un alimento es definido como la cantidad del mismo que es consumido por el animal cuando tiene acceso y un exceso de alimento durante 24 horas; y puede ser expresado como cantidad por día (Kg/día), proporción del peso corporal (%) y como cantidad por unidad de peso metabólico ($\text{g/WKg}^{0.75}$) (Roque, 2015), los parámetros productivos son dependientes de este factor por ende es de importancia desde el punto de vista de la producción pecuaria (Castro & Chirinos, 1992).

El peso metabólico denota que la producción de calor se da en función a la superficie corporal más que al peso, es decir en animales de diferente tamaño la tasa metabólica basal es proporcional a su superficie y no a su peso, esto permite hacer comparaciones entre animales de diferente peso y especies (Camacho 2010).

El consumo del alimento se puede ver afectado por varios factores, por ejemplo: el gusto, el olor, la textura física y la composición química del alimento; por otro lado los animales tienden a regular la ingestión de alimento diario a corto y largo plazos mediante complejas respuestas fisiológicas a la dieta, al ambiente y por su necesidad de energía (Church et al., 2002).

La Tabla 7 muestra el consumo de forraje y alimento balanceado por día en cuyes:

Tabla 7. Consumo de forraje y alimento balanceado por día en cuyes.

| Edad (días) | Forraje (g) | Balanceado (g) |
|-----------------|-------------|----------------|
| 01 a 30* | 100 | 10 |
| 31 a 60* | 200 | 20 |
| 61 a 90* | 300 | 30 |
| 91 a 120* | 400 | 40 |
| Reproductoras** | 500 | 50 |

Fuente: Castro y Chirinos* (1994); Collazos** (1996).

El consumo es uno de los indicadores de calidad del alimento, digestibilidad y propiedades organolépticas como el olor y sabor de las dietas, estos hacen deseables el consumo de estos alimentos. Tanto el valor energético como el valor calórico de un alimento es proporcional a la cantidad de energía, una ración concentrada en carbohidratos, grasa y proteínas determinar un menor consumo. La diferencia de consumos pueden deberse a la gustocidad, pero no hay pruebas que indiquen dicha gustocidad (Jimenez, 2016).

El contenido de energía de la dieta afecta el consumo de alimento. Estas necesidades de energía están influenciadas por la edad, fisiología, producción y ambiente. Los animales tienden a un mayor consumo a medida que se reduce el nivel de energía en la dieta que es proporcionado por el nivel de carbohidratos, lípidos y proteínas (Vergara, 2008).



2.3.3.2. Factores que afectan el consumo voluntario

- Estado fisiológico. En las fases de crecimiento y ciclos reproductivos se presentan cambios importantes en los requerimientos de los animales, esto incrementa la demanda de energía según Mejia (2002).
- Condición corporal. Los animales delgados comen más que los animales gordos, esto estaría relacionado al consumo y crecimiento compensatorio, Mejia (2002).
- Suplementación. La adición de carbohidratos de fácil digestión provoca una disminución en el consumo voluntario del forraje, sin embargo, la suplementación proteica favorece la actividad microbiana, incrementando así la digestibilidad y la velocidad de pasaje de la digesta y por ende el consumo aumenta según Mejia (2002).
- Gustocidad. El sabor juega un papel biológico fundamental que ayuda a regular, el consumo de lo agradable y a rechazar lo inapetecible. Esto se debería a que los animales poseen receptores en la lengua, mediante estos pueden distinguir cuatro sabores básicos: salado, dulce, amargo y ácido. Las variaciones en la intensidad de sabores son informadas en forma continua al control central de percepción según Araujo (2005).
- Factores ambientales. La temperatura ambiental influye cuando está cerca del nivel crítico superior, comienza así una reducción en el consumo según Araujo (2005).



- Manejo. Depende de cómo, cuanto, a qué hora y cuantas veces se administra el alimento, esto dependerá para evaluar el comportamiento productivo del animal.

2.3.4. Digestibilidad

Según McDonald et al. (2013) definen a la digestibilidad de los alimentos como la cantidad que no se excreta en las heces y que por tanto se considera absorbida por el animal normalmente se expresa en relación con la materia seca, como coeficiente o como porcentaje. Siendo un factor importante para la evaluación de la calidad nutritiva de los alimentos, indica directamente el grado de los nutrientes que son aprovechados por el animal, una digestibilidad trae consigo una mayor productividad por parte del animal (Lopez, 2012).

Mora (2002) menciona que una digestibilidad igual o superior al 80% en materia seca (MS) es apropiado para los animales, se rechaza el alimento si es menor al 65%, en los cuyes se observan frecuentemente valores similares en especies zoológicamente diferentes como por ejemplo el pescado (Albert et al., 2006).

2.3.4.1. Tipos de digestibilidad

2.3.4.1.1. Digestibilidad Aparente

La digestibilidad aparente mide la digestión del alimento el cual pasa a través del tracto digestivo; se calcula tomando en cuenta la cantidad total de excrementos (Cañas, 1998). Es denominado así porque las heces incluyen a componentes que no están presentes en el alimento, como, por ejemplo: microorganismos, epitelio de descamación, secreciones digestivas las cuales salen con las heces.



Así mismo, McDonald (2013), lo define como la ración no digerida, recomienda realizar ensayos con varios animales de la misma especie, edad y sexo que son fáciles de manejar y presentar ligeras diferencias en su habilidad digestiva; además se usan con frecuencia animales machos porque con ellos es más accesible obtener la orina y las heces por separado.

2.3.4.1.2. Digestibilidad Verdadera

Lammers et al., (2009), lo define como un valor compuesto de origen metabólico o endógeno, este concepto es teórico, para determinar esta digestibilidad, se debe distinguir que los nutrientes o elementos en las heces no son la fuente directa de alimento, sino la fuente metabólica.

Por otra parte Maynard (1981), supone que la proteína que no aparece en las heces es digerida, la misma que es determinada mediante la relación del nitrógeno presente en la dieta; este cálculo constituye el coeficiente de digestibilidad aparente de la proteína; en tanto si se deduce el nitrógeno fecal total se obtiene el dato real (NMF) del nitrógeno fecal total se obtiene el dato real de la digestibilidad verdadera, la misma que en forma más precisa refleja la cantidad de nitrógeno absorbido del alimento por el organismo animal; por lo general ha sido imposible separar el NMF de los residuos nitrogenados de los alimentos, entonces luego de un gran número de investigaciones realizadas se ha demostrado que el NMF es proporcional a la ingesta del alimento, esto es alrededor de 2 mg de nitrógeno por gramo de materia ingerida; si se emplea esta cifra como constante es posible convertir la digestibilidad aparente en digestibilidad verdadera.

Los granos de cereales y otras fuentes de azúcares o almidones tienen una buena digestibilidad en los animales de granja. Los granos menos digeribles son la avena y



cebada por su gran porción fibrosa. Las pastas proteicas y las harinas de carne y pescado tienen también buena digestibilidad para todas las especies. El forraje es el alimento que más varía en su digestibilidad, se debe al estado de madurez, ya que una planta madura disminuye el contenido proteico, azúcar y se elevaba la fibra (principalmente celulosa y lignina), pero si se administra picada permite aumentar dicha digestibilidad (Shimada, 2017).

Mora (2002) menciona que los factores que afectan la digestibilidad de los alimentos son los siguientes:

- El proceso de molido, pelletizado, hojuelado de un alimento generalmente aumenta la velocidad a la que pasa el alimento por el tracto gastrointestinal y aunque dicho efecto disminuye ligeramente la digestibilidad, esto se compensa con un mayor consumo de alimento que a su vez se refleja en una mejor respuesta animal.
- La especie animal, es otro de los factores. En general, los cerdos y las aves digieren más efectivamente aquellos alimentos con elevado contenido de proteína y almidón y con baja cantidad de fibra, mientras que los rumiantes tienen una gran capacidad de aprovechamiento de los alimentos fibrosos con bajo contenido proteico.
- Etapas productivas, estas requieren de un manejo y una nutrición diferente. Por lo tanto, la digestibilidad de un mismo alimento puede variar, por ejemplo, toro viejo. Aunque existen diferencias entre individuos de una misma especie y entre etapas productivas, estas variaciones no se consideran de tanta importancia práctica como las que existen entre especies.



Campos (2007) señaló que un fenómeno común observado en los datos de digestibilidad es que las mezclas de alimentos no siempre brindan predicción basadas en los valores de digestibilidad de los ingredientes individuales en la mezcla; esta reacción se denomina efectos asociativos o no aditivos.

La digestibilidad de los alimentos guarda estrecha relación con la composición química, de forma que un alimento como la cebada y la hierba fresca o conservada, cuya composición varía poco de unas partidas a otra, donde la fracción fibra de los alimentos es la que más afecta a su digestibilidad (McDonald et al., 2013) siendo importante tanto la cantidad y calidad de la fibra. Por su parte Revollo (2009) indica que los factores que afectan la digestibilidad son: Propios del alimento (Composición química del alimento, nivel de consumo del alimento, deficiencias de los nutrientes), dependencias del animal (Tiempo para realizar la acción digestiva, trastornos digestivos). Por otro lado la digestibilidad de las paredes celulares es mucho más variable, ya que depende del grado de lignificación, no obstante la digestibilidad de las paredes celulares dependen también de las estructuras de los tejidos vegetales.

2.3.4.2. Métodos para medir la digestibilidad

2.3.4.2.1. Digestibilidad *in vivo*

Método que se realiza con animales vivos, en donde se cuantifica la desaparición del alimento y sus componentes al pasar por el tracto digestivo; se determina calculando la cantidad de alimento consumido y la cantidad de heces excretadas por el animal seguidamente de un periodo de acostumbamiento al alimento que se está evaluando; por lo tanto, debe existir una jaula metabólica con comedero, para la separación y recolección precisa de los excrementos (Roque, 2015).



Añadiendo Lachmann et al. (2010) indican que el método de colección total de heces es el más confiable para medir la digestibilidad, ya que esto involucra directamente los factores tanto del alimento como del animal. Este método incluye la medición de la ingestión de una determinada ración de composición conocida y la colecta total de la excreción fecal correspondiente al alimento consumido, las muestras del material ofrecido, al igual que las del rechazado, cuando se proporciona alimento.

2.3.4.2.2. Digestibilidad *in vitro*

Consiste en simular el proceso de digestión utilizando un frasco de vidrio; el método más utilizado es un método de digestión en dos etapas, que consiste en incubar los alimentos en líquido ruminal y saliva artificial durante 48 horas, y luego incubación en ácido clorhídrico y pepsina durante otras 48 horas; el material que desaparece durante este proceso corresponde a la digestibilidad *in vitro* (Roque, 2015).

Según Mora (2002), consiste en exponer los alimentos a la acción de enzimas digestivas como pepsina y/o tripsina, la celulosa, líquido ruminal (que es una combinación de enzimas microsolubles), etc. Estas muestras son incubadas durante cierto periodo y bajo ciertas condiciones controladas. Se puede descubrir la cantidad de nutrientes presentes en cualquier alimento en particular a través del análisis químico, pero esto no nos da un cuadro, claro del valor nutricional del alimento, ya que sólo los nutrientes absorbidos a través del sistema digestivo pueden ser utilizados por el animal. Una parte de los nutrientes ingeridos se perderá inevitablemente en las heces.



2.3.5. Energía

Es necesaria para el óptimo funcionamiento de las actividades bioquímicas, fisiológicas y físicas del animal que conducen a un gasto de energía; por lo que las mayores necesidades nutritivas corresponden a la energía. Las necesidades energéticas se expresan en calorías o en julios, siendo los carbohidratos, lípidos y proteínas los únicos nutrientes que pueden aportar energía. Los cuyes responden eficientemente a dietas altas en energía, obteniendo mayor ganancia de peso y mejor conversión alimenticia. La deficiencia o exceso de energía o un desequilibrio en la relación proteína/energía, pueden causar varios problemas: la deficiencia de energía puede llevar a un lento aumento de peso, maduración sexual retrasada, ausencia de celo, bajas tasas de fertilidad, gazapos débiles y de bajo peso al nacimiento (Calderón & Cazares, 2011).

Gómez (2010) afirma que los requerimientos energéticos son los más importantes para los cuyes y varían con la edad, el estado fisiológico, la actividad animal, los niveles de producción y la temperatura ambiente. Varios estudios han concluido que el contenido energético de la dieta afecta el consumo de alimento; se ha observado que los animales tienden a consumir más alimentos a medida que disminuyen los niveles de energía en la dieta.

2.3.5.1. Valor energético

El valor energético o valor calórico de un alimento es proporcional a la cantidad de energía que puede proporcionar al quemarse en presencia de oxígeno. El valor energético hace referencia a los nutrientes digestibles totales (NDT), energía digestible, energía metabolizable, energía líquida de mantenimiento y de ganancia de peso (Davies et al., 2007).



El valor energético del maíz, muestra unos valores promedio de un 25% a un 30% mayores que la cebada, la explicación a este menor contenido de energía metabolizable de la cebada, está relacionado con su densidad, es la alta proporción de fibra en el pericarpio y en la cascara, menor contenido de grasa y presencia de sustancias indigestibles, b-glucanos del endospermo, el cual reduce la utilización nutritiva de la cebada(Martin, 1992).

2.3.5.1.1. Energía bruta

La cantidad de energía química en el alimento se determina convirtiéndola en energía calórica y midiendo el calor producido; cuando la muestra se quema en un horno calorimétrico, el calor producido aumenta la temperatura del agua alrededor del recipiente en el que se encuentra la muestra, al aumentar la temperatura del agua proporciona una base para calcular el valor de energía (Church & Pond, citado por Jara, 2017).

La EB es utilizada como punto de partida para determinar el valor energético de los alimentos, porque no tiene en cuenta las pérdidas de energía durante la digestión y el metabolismo, por lo que no puede considerarse como un valor de referencia para estimar la energía disponible (Kirchgeßner, citado por Jara, 2017).

Los contenidos de energía bruta (EB) de las dietas, si bien no representan un valor de gran significado nutricional al ser lo suficientemente elevados son considerados como punto inicial en la digestión de la energía a través del tracto digestivo del animal (Ulloa, 2007).



2.3.5.1.2. Nutrientes digestibles totales

Los nutrientes digestibles totales (NDT) consiste en la expresión más antigua de la energía disponible del alimento para el animal. Se obtiene a partir de un experimento de digestibilidad convencional de un alimento con animales (Roque, 2015) siendo una de las variables mas importantes debido a que reúne y resume todos los coeficientes de digestibilidad.

Adicionalmente Castro y Chirinos (2007) dicen que al mejorar la composición química de las dietas, mejora la digestibilidad y el aporte de nutrientes digestibles totales, por lo cual el consumo voluntario mejoraría. Sosa (2013) hallo el NDT 84.92% de la cebada molida, asi como Saavedra et al. (2021) quienes hallaron el NDT de 3 variedades de cebada hidropónica siendo: 66.16% INIA 411 San Cristóbal, 69.36% Grignon y 69.08% Moronera INIA.

2.3.5.1.3. Energía digestible

La energía digestible (ED) es la fracción de la energía bruta del alimento ingerido que no sale en las heces, por tanto, se asume que fue digerida y absorbida. Se mide a través de un experimento de digestibilidad convencional in vivo por el método de colección fecal total. Es una medida más útil que la energía bruta, puesto que expresa mejor el valor energético del alimento. Corresponde a la diferencia entre la energía consumida en el alimento (EB) y la energía excretada en las heces (EF) (NRC, citado por Roque, 2015).



Según Church (2004), las diferencias en el contenido de ED entre los alimentos se deben principalmente a la composición y la capacidad de utilizar la energía contenida en los alimentos, el cual sería la energía bruta (EB).

El nivel de energía digestible sugerido por la NRC (1995) es de 3000 Kcal/kg de MS, sin embargo, otro autores obtuvieron un rango de energía de 2,200 hasta 3,080 Kcal ED/kg de alimento. Por otra parte, Caycedo (2000) considera un mínimo de 2,500 Kcal ED/Kg de alimento para cubrir las necesidades nutritivas del cuy. Pero al proveer menos de 3,000 Kcal/kg MS solo se puede incrementar sus necesidades energéticas incrementando su capacidad de consumo o suplementándolos con alimentos de mayor densidad energética. La cebada grano es un alimento altamente energético, con un valor de 3.72 Mcal ED/kg MS.



CAPITULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1. LUGAR DE ESTUDIO

La investigación se realizó en el bioterio de cuyes de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional del Altiplano - Puno; ubicado a una altitud de 3827 m, latitud Sur 15°16'45" y longitud Oeste 70°04'25 del meridiano, distrito y provincia de Puno (SENAMHI, 2017); desarrollándose desde el 29 de diciembre del 2021 al 13 de enero del 2022. Los análisis químicos proximales se realizaron en el Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) y el Laboratorio de Nutrición de la FMVZ-UNA Puno.

3.2. MATERIAL DE ESTUDIO

3.2.1. Material biológico

Se utilizaron 12 cuyes machos, de 2 meses de edad de la línea Perú, con un peso de $0.700 \pm 0,05$ kg procedentes de la comunidad campesina de Mamuera – Marangani, los que fueron distribuidos al azar en 3 grupos con 4 repeticiones cada uno (Anexo II y IX). Se contó con 3 animales de reemplazo (los cuales no fueron utilizados por que no hubo mortalidad). La parte experimental tuvo una duración de 15 días; la distribución se observa en la Tabla 8.

Tabla 8. Distribución tratamientos y número de animales.

| Tratamiento | Niveles de inclusión | N° de cuyes |
|--------------------|-----------------------------|--------------------|
| 0 | Sin harina de cebada | 4 |
| 1 | 20 % harina de cebada | 4 |
| 2 | 40 % harina de cebada | 4 |

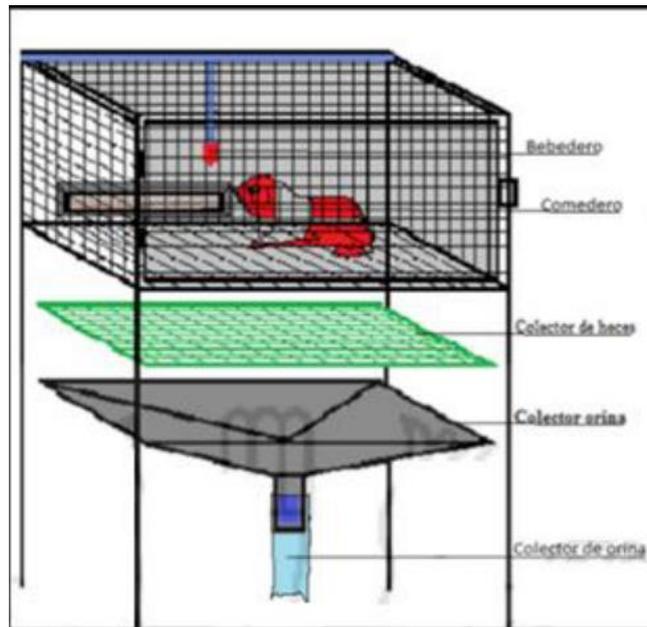
3.2.2. Harina de cebada

La harina de cebada, se obtiene al moler el grano entero, con cáscara, previamente seleccionado; este insumo se compró en la ciudad de Juliaca en el mercado Manco Cápac.

3.2.3. Instalaciones

El estudio se llevó a cabo en el bioterio de cuyes de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia UNA- Puno, teniendo un área de 4 x 4 x 2.2 m, el cual poseía un ambiente termoneutral. Se utilizaron 12 jaulas metabólicas con un área de 31 x 27 x 44 cm, con columnas metálicas; techo, piso y paredes cubiertos por malla metálica hexagonal; estas jaulas fueron desinfectadas previamente además estuvieron acondicionadas con comederos, bebederos, poseían una malla colectora de heces y desperdicios de alimento, y un embudo colector de orina, como se muestra en la figura:

Figura 1. Diseño de jaula metabólica.



Para la fase experimental se colocó en la entrada del bioterio un pediluvio con cal viva como medida de bioseguridad, la limpieza de las jaulas que se realizó diariamente en horas de la mañana, la desinfección que se realizó en forma semanal utilizando amonio cuaternario al 20% (2.5 mL/L de agua), Cid 20 (5 mL /L de agua) y creso (1 mL /L de agua).

El análisis químico proximal para la harina de cebada se realizó en el laboratorio de nutrición de la UNALM Lima y el de las dietas y heces se realizaron en el laboratorio de nutrición de la FMVZ-UNA Puno.

3.2.4. Elaboración de las dietas experimentales

Para la preparación de la dieta se utilizaron los insumos que se muestran en la tabla 8, del mismo modo en esta tabla se observa el porcentaje de participación de los



insumos para cada tratamiento; en la tabla 9 se muestra el contenido nutricional de las dietas.

Tabla 9. Composición porcentual de las dietas experimentales.

| INGREDIENTES | T0 | T1 | T2 |
|-------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Maíz molido | 35.28 | 25.90 | 14.34 |
| Pasta de algodón,35% | 9.89 | 10.00 | 11.00 |
| Harina de pescado super prime | 4.35 | 5.00 | 5.00 |
| Harina de cebada | 0.00 | 20.00 | 40.00 |
| Afrecho | 23.17 | 17.46 | 14.82 |
| Alfalfa Heno | 14.27 | 11.00 | 7.00 |
| Aceite vegetal | 1.50 | 1.00 | 1.20 |
| Heno avena | 9.90 | 8.00 | 5.00 |
| Premix | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Vitamina C | 0.04 | 0.04 | 0.04 |
| Sal | 0.60 | 0.60 | 0.60 |
| Total | 100.00 | 100.00 | 100.00 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. Contenido nutricional calculado de las dietas experimentales en base seca.

| | Contenido nutricional | | |
|--------------------|-----------------------|-------|-------|
| | T0 | T1 | T2 |
| Humedad (%) | 5.35 | 5.75 | 5.95 |
| Materia seca (%) | 94.65 | 94.25 | 94.05 |
| Proteína total (%) | 18.04 | 18.05 | 18.03 |
| E.E | 4.34 | 4.31 | 4.32 |
| FDN | 38.29 | 38.44 | 38.55 |
| Ceniza | 3.18 | 3.32 | 3.34 |
| Glúcidos | 30.80 | 30.13 | 29.81 |
| EB, Mcal/Kg MS | 4.52 | 4.50 | 4.49 |
| ED, Mcal/kg MS | 3.00 | 3.00 | 3.00 |

Fuente: Elaboración propia

3.2.5. Materiales de campo

- Bolsas de plástico
- Bandejas de plástico
- Guantes
- Barbijo
- Mameluco
- Cuaderno de registro

3.2.6. Equipos

- Jaulas metabólicas previstos de comederos y bebederos
- Cámara fotográfica
- Estabilizador
- Calefactor
- Balanza digital con capacidad de 4100 g (Marca sartorius)



- Balanza digital con capacidad de 5/0.01 kg (Marca AQU USA)

3.2.7. Materiales de laboratorio

- Campana de desecación
- Mandil blanco
- Balanza analítica de alta precisión
- Estufa
- Aparato de extracción soxhlet
- Matraz de Erlenmeyer
- Embudo de vidrio
- Papel filtro
- Mufla
- Crisoles
- Bolsas de papel

3.2.8. Otros materiales

- 03 baldes 18 L
- Ligas
- Lapicero
- Lápiz



3.3. METODOLOGÍA

3.3.1. Etapa pre experimental

3.3.1.1. Manejo pre experimental de los animales

Etapa en la que se realizó la selección de cuyes machos aparentemente sanos, de 2 meses de edad; los cuales fueron pesados, luego se distribuyeron al azar en jaulas metabólicas individuales, esta etapa tuvo una duración de 7 días. El alimento se suministró en forma fraccionada en dos horarios: una por la mañana (7:00 a.m.) y otra por la tarde (4:00 p.m.); en una proporción de 50 g/d de concentrado y de 30 g/d de alfalfa (*Medicago sativa*) fresca en un estado fenológico tierno (en botón de floración) por 3 días, la cual fue comprada diariamente verificando que posea el estado fenología anteriormente mencionado; además se ofreció agua *ad libitum* más complejo B durante los primeros 5 días y posteriormente solo agua durante todo el periodo del experimento. También se les acostumbro al recojo diario de heces y de orina.

3.3.2. Etapa experimental

3.3.2.1. Determinación de la composición química

Se realizó el análisis químico proximal de la harina de cebada, a través de los métodos AOAC (2005) y Van Soest (1991) para la FDN. El contenido de H^o y MS de las heces y las dietas fue determinado por secado en estufa a una temperatura de 60°C por un tiempo ≥ 72 horas.



3.3.2.2. Determinación del consumo voluntario

El consumo voluntario de las dietas con inclusión de la harina de cebada se determinó a través de la medición del alimento ofrecido y rechazado. Se suministró una cantidad constante de 80 gramos de la dieta. Todos los datos fueron ajustados a la materia seca, sujeto a las siguientes fórmulas:

$$MSO, kg = \frac{\% MS \text{ del alimento}}{100} \times \frac{\text{Alimento ofrecido}}{N^\circ \text{ de días}}$$

$$MSO, kg = \frac{\% MS \text{ del residuo}}{100} \times \frac{\text{Alimento rechazado}}{N^\circ \text{ de días}}$$

La materia seca consumida (MSC) corresponde a la diferencia entre la materia seca ofrecida (MSO) y la materia seca rechazada (MSR):

$$MSC = MSO - MSR$$

Los resultados del consumo de materia seca se expresaron como cantidad por día (g/d), proporción del peso vivo (%) y cantidad por unidad de peso metabólico (g/WK^{0.75}), donde W = peso corporal del animal (Cordova et al., 1978; Forbes, 1986) (Anexo II).

3.3.2.3. Determinación de la digestibilidad aparente

Digestibilidad aparente de las dietas.

La digestibilidad de las dietas se determinó por el método convencional *in vivo*, por colección fecal total (Guevara et al., 2008), en dos fases por etapa, una de acostumbramiento y otra de colección, con una duración de 7 días por etapa. La fase de



acostumbramiento tuvo la finalidad de establecer el nivel de consumo de alimento, asegurar el recambio total del contenido del tracto digestivo, ajustar el patrón digestivo al nuevo alimento. La fase de colección tuvo como objetivo las mediciones cuantitativas de alimento ofrecido, rechazado y consumido, así como la excreción de heces.

Las dietas fueron ofrecidas en una cantidad de 80g de mezcla molida elaborada para cuyes en crecimiento, con inclusión de harina de cebada (sin harina de cebada, 20 y 40%), dos veces por día, una en la mañana 7 am y otra a las 4 pm. La colección fecal se realizó una sola vez por día, antes del suministro de alimento.

La digestibilidad de la materia seca (DMS) se determinó como la proporción porcentual de la cantidad digerida con relación a la cantidad consumida, según la siguiente fórmula.

$$DMS, \% = \frac{MSC - MSE}{MSC} \times 100$$

Donde:

MSC = materia seca consumida

MSE = materia seca excretada



Digestibilidad de la harina de cebada.

La digestibilidad de la harina de cebada se determinó mediante la fórmula planteada para la técnica por diferencia (Bureau et al., 1999; Bureau & Hua, 2006), basado en la asunción de que la digestibilidad de una dieta en mezcla es igual a la suma de las proporciones de la dieta proveída por cada ingrediente cuando se ofrece solo (Kleiber, 1961), para lo cual se elaboró una dieta basal en la cual se adicionó niveles crecientes de la harina de cebada (0%, 20% y 40%).

$$D \text{ ingr.} = \text{Dieta prueba} + \left[(\text{Dig. dieta prueba} - \text{Dig. dieta basal}) \times \left(\frac{0.8}{0.2} \right) \right]$$

Donde:

D ingr. = digestibilidad del ingrediente (harina de cebada)

Dieta prueba = dieta basal + harina de cebada

Dieta basal = dieta de referencia sin harina de cebada

3.3.2.4. Valor energético

Nutrientes digestibles totales.

Los nutrientes digestibles totales (NDT), se determinaron como la proporción de las cantidades de las fracciones nutricionales digeridas con relación a la cantidad de materia seca consumida, sujeta a la siguiente fórmula:

$$NDT\% = \frac{2.25(EEd, g) + FDNd + PCd + GNfd}{IMS, G} \times 100$$



Dónde:

EE = extracto etéreo,

FDN = fibra detergente neutro,

PC = proteína cruda,

GNF = Glúcidos no fibrosos,

d = digerido.

Energía digestible.

Para determinar la energía digestible, primero se calculó la energía bruta tanto del alimento y de las heces, bajo la siguiente fórmula (Nehring y Haenlein, 1973).

$$EB, Kcal/kg MS = 9.50 EE + 4.79 FDN + 5.72 PT + 4.03 GNF.$$

Donde:

EB: Energía bruta

EE: Extracto etéreo

FDN: Fibra detergente neutro

PT: Proteína total

GNF: Glúcidos no fibrosos



La energía digestible, corresponde a la diferencia entre la energía consumida en el alimento (EB) y la energía excretada en las heces (EF), según la siguiente ecuación (NRC, citado por Roque, 2015):

$$ED, Kcal/kgMS = \frac{EB, Kcal/d - EF, Kcal/d}{CMS, Kg}$$

Donde:

EB: Energía bruta del alimento (Kcal/d).

EF: Energía bruta excretada en las heces (Kcal/d).

CMS: Consumo de materia seca (Kg/d).

3.3.3. Análisis estadístico

Los datos de la composición química se expresaron en medidas de tendencia central y dispersión, tales como el promedio, desviación estándar y coeficiente de variabilidad. Las variables en estudio, consumo de alimento en materia seca y digestibilidad se analizaron mediante el diseño completamente al azar y la prueba Dunnett para el contraste de las medias ($\alpha = 0.05$), sujeto al siguiente modelo aditivo lineal:

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

Donde:

Y_{ij} = Respuesta obtenida en el i-ésimo tratamiento en la j-ésima repetición

μ = media poblacional

T_i =Efecto del i-ésimo tratamiento



E_{ij} = error experimental

Para la digestibilidad del nutriente y su valor energético se utilizó el valor crítico de la prueba de T, a un nivel de significación de 5% ($\alpha = 0.05$), con la siguiente fórmula:

$$t = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{\sqrt{S_p^2 \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}}$$

Donde:

t = Valor estimado de “t”

X1 = Promedio del tratamiento 1

X2 = Promedio del tratamiento 2

n1 = número de cuyes tratamiento 1

n2 = número de cuyes tratamiento 2

S_{2p} = Varianza ponderada.



CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 COMPOSICIÓN QUÍMICA

La tabla 11 muestra resultados del valor nutricional de la harina de cebada, cuyos resultados están expresados en porcentajes.

Tabla 11. Valor nutricional de la harina de cebada con cascara de Base Seca.

| Variable | Porcentaje |
|---------------------------|------------|
| Humedad | 9.02 |
| Proteína total (N x 6.25) | 14.62 |
| Grasa | 9.46 |
| Fibra detergente neutro | 32.0 |
| Ceniza | 5.06 |
| Glúcidos no fibrosos | 29.84 |

En la tabla 11 se observa los resultados del valor nutricional con 9.02 % de humedad (H°), 14.62 % de proteína total (PT), 9.46 % de grasa, 32 % de fibra detergente neutro (FDN), 5.06 % de ceniza y 29.84 % de glúcidos no fibrosos (GNF).

Los resultados obtenidos en la presente investigación, al ser contrastados con los de Castro y Chirinos (2007), mencionan que la cebada posee un contenido de materia seca, proteína, grasa, fibra y ceniza de 82.2 %; 11.29 %; 6.50 %; 2.4 %; y 1.2 % respectivamente; de la misma manera con los de Lopez (2015) en su trabajo donde obtuvo resultados de proteína de 7.42 % , grasas 1.52 %, humedad 10.98 %, cenizas 2.90 %,



glúcidos 74.6 %, fibra 2.49%; así con también con los reportes de las tabla peruana de composición de alimentos quienes reportan una proteína de 7.70 - 8.68 %; humedad harina tostada 12.83 % y 5.6 - 9.9 % harina sin tostar grasa 0.8 - 3.2 %, cenizas 1.9 - 2.5 %, a mayor porcentaje de cenizas, mayor serán los restos de cascarilla en la cebada; y lo reportado por Quintana (2009) quien utilizó la harina de cebada denominada hechizo reportando una FC 7.74 %, proteína cruda 10.70 %, EE 3.12 %, cenizas 3.17 %, MS 92.34 % y humedad 7.66 % respectivamente. Lo mismo al contrastar otros estudios como los de Sosa (2013), reporta una humedad de 11.38 %, materia seca 88.63 %, proteína 11.81 %, grasa 3.50 %, fibra 6.10 % y ceniza de 2.00 % respectivamente; y Carhuapoma (2015), en su estudio comparativo de *Nostoc commune* en estado natural, procesado y forraje verde de cebada reporta un porcentaje de proteína total de 11.5 %, E.E de 3.2 %, fibra cruda 18.60 %, humedad de 70.7 %, materia seca 29.30%, en donde observamos resultados elevados esto se debe a que utilizó forraje verde, sin embargo se observó similitud en cuanto a la proteína total. La diferencia de estos contraste, pudieran deberse a muchos factores como por ejemplo la variedad de la cebada, factores climáticos, tipos de suelo y cultivo; como por ejemplo las cebadas desnudas poseen mayor concentración de nutrientes con relación a la cubierta, las heladas ocurridas en etapas sensibles del cultivo pueden comprometer el rendimiento y la calidad, así mismo la humedad indica la calidad de manejo y almacenamiento de cada variedad; el procesamiento hasta harina, entre otros (Ariza, 1998; Collantes, 2022; López et al, 2007).

La FDN hallada fue superior al de FEDNA (2019) el cual fue de 5.20 % y Ariza (1998) quien menciona que la FDN es mayor en los granos de cebada cubiertas (20.3%). Sin embargo Saavedra et al. (2021) obtuvo datos superiores a los obtenidos de FDN con 41.81%, 34.76%, 36.45% y GNF de 36.88%, 48.34%, 49.73% para las variedades de

cebada INIA 411 San Cristóbal, Grigñon y Moronera INIA, pero se encuentra en el rango de los forrajes con un contenido de FDN < 40 % el cual se considera de buena calidad mientras que aquellos con FDN > 60 %, pueden interferir con la digestión y el consumo según Van Soest (1994), por tanto, se considera como excelentes fuentes de energía para los rumiantes.

4.2 CONSUMO Y DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA SECA

4.2.1. Consumo de materia seca

La tabla 12, los Anexos II y IX muestran el consumo de materia seca, expresado como cantidad por animal por día (g/d), proporción (%) y cantidad por unidad de peso metabólico (g/Wkg^{0.75}). Los valores hallados fueron similares ($p>0.05$) entre dietas y se muestran a continuación:

Tabla 12. Consumo voluntario de materia seca en cuyes.

| Variable | Tratamiento | | | p |
|---------------------------|-------------|----------|----------|-------|
| | T0 | T1 | T2 | |
| CMS g/d | 47.1±6.9 | 48.0±8.6 | 43.7±6.8 | 0.694 |
| CMS % | 6.3±0.8 | 5.7±0.7 | 6.1±0.7 | 0.481 |
| CMS g/Wkg ^{0.75} | 58.6±7.4 | 54.6±7.5 | 56.1±6.6 | 0.737 |

CMS= consumo de materia seca.

Los resultados en esta tabla 12, muestran que el consumo en materia seca entre tratamientos fue de 47.1 g para el T0 (dieta basal), 48.0 g para el T1 y 43.7 g para el T2;



y aunque no se encontró diferencia estadística, existió un menor consumo para el T2 (40 %) el cual posiblemente estaría influenciado por el porcentaje de inclusión de harina de cebada relacionado quizá con la gustocidad (Salcedo, 2018). En cuanto a la expresión del consumo como proporción del peso vivo (%) fue 6.3 % para T0, 5.7 % para T1 y 6.1 % para el T2, mostrando similitud entre las dietas, estaría relacionado directamente con el consumo (g/día). Así mismo para la expresión como cantidad por unidad de peso metabólico ($\text{g/Wkg}^{0.75}$) fue el T0 con $58.6 \text{ g/Wkg}^{0.75}$, el T1 con $54.6 \text{ g/Wkg}^{0.75}$ y el T2 con $56.1 \text{ g/Wkg}^{0.75}$, el cual presento valores similares, siendo este un indicador más efectivo del consumo, esto se debe a que se basa en el peso metabólico como tal y no al peso vivo, siendo este peso metabólico el más efectivo al hacer comparaciones independientes como clase, especie animal (Camacho, 2010); las diferencias numéricas pudieran estar influenciadas por lo manifestado por Ramos et al. (2013) que mencionan que el consumo es un indicador de calidad del alimento y digestibilidad además las propiedades organolépticas, como el olor y sabor de la dieta en la alimentación de cuyes en crecimiento, hacen que sea más deseable el consumo de este alimento balanceado a base de, maíz, trigo y cebada.

Los valores hallados en el trabajo son cercanos a los resultados encontrados por diversos autores, diferenciándose por las características fisicoquímicas y organolépticas de dichos insumos, con respecto a los resultados del trabajo de Vidaurre et al. (2020), cuyos consumos de MS diario fueron: 50.14 g, 50.58 g, 52.22 g con inclusión de 0 %, 20 % y 40 % de cebada respectivamente, sin embargo, se observó una tendencia a que el consumo de alimento aumenta a medida que se incrementa el nivel de inclusión de la cebada grano en la dieta, concordando con Quintana et al. (2013), quien mostró la suplementación con harina de cebada mejoró significativamente la ganancia de peso,



consumo, índice de conversión, relación beneficio-costos y, consecuentemente, la edad de saca, además menciona la importancia de la cecotrofia en la absorción de nutrientes dietarios, el cual permite a los cuyes utilizar de mejor manera los minerales como algunas vitaminas del complejo B y aminoácidos sintetizados por la microflora del intestino.

Así mismo Meza (2010) reportó que la inclusión de harina de cebada a una ración forrajera, incrementó la proporción de cobayas con camada mayor a tres crías en un 52 % y que además el consumo de ED superior a 2.8 Mcal/kg posee un mayor efecto que el consumo de PC mayor a 18 %, durante esta etapa, dentro de su consumo promedio se encontraron datos de 43.5 y 40.7 a una inclusión de 50 g y 25 g de harina de cebada.

Guevara et al. (2013) reportó que los cuyes que recibieron concentrado sin harina de pajuro presentaron la mayor ganancia de peso y el mayor consumo de alimento y los cuyes que recibieron concentrado + 2 % de harina de pajuro presentaron la mejor conversión alimenticia y el mejor rendimiento encontró resultados con la inclusión de harina de pajuro.

4.2.2 Digestibilidad aparente de materia seca (DMS)

4.2.2.1 Digestibilidad aparente de las dietas

La tabla 13, los Anexo III y IV muestra la digestibilidad de materia seca de las dietas con niveles de inclusión de 0 % (dieta basa), 20 % y 40 % respectivamente.

Tabla 13. Digestibilidad de materia seca de las dietas promedios.

| Variable | Tratamiento | | | |
|----------|------------------------|------------------------|-------------------------|-------|
| | T0 | T1 | T2 | p |
| DMS,% | 73.0 ^a ±1.5 | 65.9 ^b ±3.9 | 69.8 ^{ab} ±4.8 | 0.050 |

DMS= Digestibilidad de Materia Seca

En esta tabla 13 se observa que existió diferencia estadística ($p \leq 0.05$), donde la digestibilidad del T0 (dieta basal) con 73.0 % fue similar con el T2 con 69.8 %, mientras que el T1 con 65.9 % mostró una menor digestibilidad. Esta diferencia entre la digestibilidad de la dieta basal con las dietas con inclusión de harina de cebada, podría deberse, al contenido de glúcidos solubles y un bajo contenido de fibra en la harina de maíz que primó en el T1 (Morrison, 1980 citado por Montalvo & Navarro, 2012; Hidalgo & Valerio, 2020) permitiendo al cuy tener una buena digestión enzimática y fermentativa. Así mismo, McDonald et al. (2013) y Aliaga (2009) indican que la digestibilidad se ve influenciada en la calidad y cantidad de fibra de la dieta, a un mayor contenido de fibra la digestibilidad tiende a disminuir, debido que la fibra aumenta la velocidad de tránsito del contenido intestinal ocasionando disminución de la absorción de nutrientes. Por otro lado, cuando la digestibilidad tiende a ser menor, estaría relacionado con alimentos más fibrosos, grado de maduración y la lignificación de la pared celular (Guerrero, 2017).

Según Calcina (2015) quien determinó la digestibilidad de residuos de quinua “jipi”, obtuvo valores de digestibilidad máximos (73.83 %), en dietas con 30% de inclusión del insumo experimental, de igual manera Jara (2017) evaluó la digestibilidad de la broza de quinua “k’iri” halló valores de digestibilidad máximos (70.6%), en dietas

con 10% de inclusión del insumo experimental, así mismo Sosa (2013) obtuvo 71.88% de digestibilidad con una inclusión de 20% de harina de lombriz. Los resultados obtenidos por los autores para otras dietas fueron superiores a los resultados hallados en el trabajo.

Sin embargo, al comparar nuestros resultados con Montalvo & Navarro (2012), quienes hallaron valores de digestibilidad de 65.53 % en dietas con 30 % de inclusión de broza de beterraga y 69.86 % en dietas con 30 % de inclusión de broza de arveja al igual que Vela (2020) reporta el coeficiente de digestibilidad de la materia seca de la torta de palmiste en 69.14% respectivamente muestran similitud pudiendo inferir que el alto contenido de fibra podría influir en la mayor digestibilidad de las dietas.

4.2.2.2 Digestibilidad de la materia seca de la harina de cebada

La tabla 14 y Anexo V muestran la digestibilidad de la materia seca de la harina de cebada mostrando que no hubo diferencia significativa ($p < 0.05$).

Tabla 14. Digestibilidad de la materia seca de la harina de cebada.

| Variable | Tratamiento | | |
|----------|-------------|-----------|-------|
| | T1 | T2 | p |
| DMSi,% | 37.9±19.4 | 65.0±10.7 | 0.091 |

DMSi: digestibilidad de materia seca del insumo

En esta Tabla 14 no se observa diferencia estadística ($p \geq 0.05$), y se muestra que la digestibilidad de la materia seca de harina de cebada con los dos niveles de inclusión mostrando valores para el T1 de 37.9 % y para el T2 de 65.0 % respectivamente



obteniendo un promedio de 51.45 %, al no haber diferencia significativa se podría incluir el insumo en la elaboración de las dietas para cubrir las necesidades nutritivas del cuy. sin embargo, se observa que la digestibilidad del T2 es mucho mayor en relación con el T1, apreciándose la tendencia al aumento de la digestibilidad a medida que se va incrementando el porcentaje de inclusión de la harina de cebada, puede deberse a la menor cantidad de fibra cruda que presenta, para ser exactos, la cantidad de lignina presente en el pericarpio de la cebada es la que dificultaría su digestión (Vela, 2020), si la lignificación es baja, aumenta la digestibilidad y por ende el consumo es menor (McDonald et al., 2013). Por otra parte Jimenez (2016) menciona que la diferencia de la digestibilidad podría estar influenciada por la naturaleza de las proteínas, la presencia de factores antifisiológicos o condiciones de elaboración que pueden interferir en los procesos enzimáticos de liberación de los aminoácidos.

Estos resultados hallados difieren con los resultados de otro autores, como Porras et al. (1991) Quienes realizaron estudios de digestibilidad de materia seca de cebada molida 79.1% como dieta control y cáscara de kiwicha 51.1%, cáscara de quinua 52.2% y cáscara de tarwi 89.9 % como alimentos en estudio en cuyes, mostrando así que la cebada molida y la cascara de tarwi son más digestibles en comparación con la harina de cebada, pero si hay ligera similitud con la cascara de kiwicha y cascara de quinua.

De igual manera Sosa (2013) muestra un coeficiente de digestibilidad promedio de 83.75% de la cebada molida empleada como ingrediente de referencia, Calcina (2015), determinó la digestibilidad de residuos de quinua, logrando valores de digestibilidad máximos de 81.36%, al igual que Jara (2017) al evaluar la digestibilidad de la broza de

quinua “k’iri” halló valores de digestibilidad promedio de 53.83%, los cuales son datos similares a lo obtenido en el presente trabajo de investigación con harina de cebada.

Sin embargo Stein (2011) menciona que en cerdos en crecimiento y cebo la inclusión de cebada debería restringirse a menos de un 60% de la dieta administrada, por el alto contenido de fibra. Al respecto las diferencias entre los valores hallados y los de referencia se podrían deber a las distintas características nutritivas de los insumos utilizados en las referencias.

4.3 VALOR ENERGÉTICO

4.3.1 Valor energético de la harina de cebada

La tabla 15 y Anexo V muestra el valor energético de la harina de cebada, indicando que no se observa diferencia significativa ($p \geq 0.05$), entre los niveles de inclusión.

Tabla 15. Valor energético de la harina de cebada.

| Variable | Tratamiento | | |
|-----------------|-------------|-----------|-------|
| | T1 | T2 | p |
| NDTi, % | 32.8±19.8 | 61.9±10.6 | 0.080 |
| EDi, Kcal/g MS | 1.56±0.9 | 2.9±0.5 | 0.081 |
| EBi, Kcal/kg MS | 4470.32 | | |

NDTi = nutrientes digestibles totales del insumo, EDi = energía digestible del insumo

EBi=energía bruta



Mostrando valores de NDTi para el T1 de 32.8 % y T2 de 61.9 % respectivamente, así como la ED de 1.56 y 2.9 Kcal/g para el T1 y T2, Sin embargo, pese a que no mostro cierta diferencia estadística se observa que el T2 (40 %) tiene NDT y ED mucho mayores en comparación con el NDT y ED del T1(20 %), esto se debería a los niveles de inclusión de la harina de cebada en los tratamientos, la cual implicaría que a mayor porcentaje de inclusión de la muestra mayor valor energético, la cual estaría relacionado directamente con la digestibilidad de las dietas.

Los valores hallados difieren de los resultados obtenidos por otros autores, como Sosa (2013), quien evaluó la calidad nutricional de la harina de lombriz incluyendo la cebada obteniendo los contenidos de nutrientes digestibles totales (NDT) para la HL fueron 84,15% y 90,25%, al combinarlos con 10 y 20% con la cebada molida, así mismo, Calcina (2015) reportó valores energéticos 76.0 % de NDT y 2.81 Kcal/g de ED materia seca siendo el nivel de inclusión de 30 % (T3) de “jipi”, Vidaurre et al. (2020) reemplazó el maíz por la cebada en distintos niveles de inclusión obtenido una ED de 7.58; 7.65 y 7.89 Mcal respectivamente, Meza (2010) incluyo la harina de cebada a una ración forrajera, el cual incremento la proporción de cobayas con camada mayor a tres crías en un 52% y que además el consumo de ED 2.8 Mcal/kg.

Saavedra et al. (2021) quienes hallaron el NDT y ED de 3 variedades de cebada hidropónica siendo: 66.16% y 2.49 Mcal/kg MS de INIA 411 San Cristóbal, 69.36% y 2.60 Mcal/kg MS de Grigñon, 69.08% y 2.59 Mcal/kg MS de Moronera INIA. Por otro lado, con el trabajo que hizo Jara (2017) obtuvo 62.79 % NDT y 2.8 Kcal/g ED al nivel de inclusión del 10 % de broza de quinua, Salcedo (2018) reporto valores energéticos del trébol nativo de NDT y ED, siendo el NDT 53.62% y ED de 2.38 Kcal/g obteniendo datos

que se asemejan al trabajo realizado. Los resultados similares entre tratamientos se relacionan posiblemente a la asimilación de nutrientes.

4.3.2 Valor energético de las dietas

La tabla 16 y Anexo III, IV muestran la digestibilidad de la materia seca de las dietas, mostrando diferencia significativa ($p < 0.05$). Los resultados se muestran en la tabla:

Tabla 16. Valor energético de la materia seca de las dietas.

| Variable | Tratamiento | | | |
|----------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-------|
| | T0 | T1 | T2 | p |
| NDT, % | 70.4±1.5 ^a | 62.9±3.9 ^b | 66.9±4.1 ^{ab} | 0.036 |
| ED, Kcal/g MS | 3.3±0.07 ^a | 2.9±0.2 ^b | 3.1±0.2 ^{ab} | 0.042 |
| EB, Kcal/kg MS | 4519.32 | 4497.48 | 4489.67 | |

NDT = nutrientes digestibles totales, ED = energía digestible, EB = energía bruta

En esta tabla 16, los resultados fueron mayores para el T0 (dieta basal) con 70.4 % de NDT y 3.3 Kcal/g de ED seguida de T2 (40%) con 66.9 % de NDT y 3.1 Kcal/g de ED en comparación con el T1 (20%) con 62.9% de NDT y 2.9 Kcal/g de ED, esto indicaría que el suministro de alta energía mejoraría la ganancia de peso y la conversión alimenticia, así lo corrobora Apráez et al. (2013) quien indica que a mayor nivel energético de la ración, la ganancia de peso y conversión alimenticia mejoran y los cuyes responden eficientemente a dietas con altos contenidos de energía. Al respecto, Rico (2003) menciona que para que el cuy tenga un comportamiento eficiente productivo las



raciones balanceadas deberán contener entre 62 a 70 % de NDT, estando en rango los resultados obtenidos.

Adicionalmente, Villegas & Roa (2020) quien evaluó la Morera como reemplazo total o parcial del concentrado comercial el cual obtuvo valores altos en los T2 y T3 al 2% y 3% respectivamente siendo el NDT(61,29 y 68,09%) y ED (2,69 y 2,99 Mcal/kg) al igual que Salcedo (2018) obteniendo un valor máximo del NDT basal de 68.85% y ED de 3.082 Kcal/g del trébol nativo, de igual manera Sotelo et al. (2020) halló el NDT de la Mucuna obteniendo 61.49% y ED de 2.61 Mcal/kg finalmente Vela (2020) obtuvo para la torta de palmiste de 3500 Kcal/kg, quienes obtuvieron resultados aproximados con los del presente trabajo.

Por el contrario, Calcina (2015), evaluó residuos de quinua “jipi” en alimentación de cuyes, obteniendo valores máximos de NDT y ED, con la inclusión de 30% de residuos de quinua “jipi”, los cuales fueron de 81.73 % y 3.190 Kcal/g así mismo Jara (2017) evaluó el uso de broza de quinua en cuyes hallando valores máximos de NDT y ED, con la inclusión de 10% de broza de quinua “k’iri”, logrando valores de 70.5 % y 2.8 Kcal/g respectivamente. Montalvo & Navarro (2012) obtuvo resultados de ED y EM de la broza de arveja fueron 2.5 y 2.4 Kcal/g respectivamente, broza de beterraga los valores fueron de 2.3 y 2.2 Kcal/g de ED y EM. Con respecto a los valores hallados y los valores de referencia estaría influenciada por las características nutritivas de las dietas.



V. CONCLUSIONES

- La composición química de la harina de cebada presento 9.02% de humedad, 14.62% de proteína total, 9.46% de grasa, 32.0% de FDN, 5.06% de ceniza y 29.84% de GNF.
- El consumo de materia seca según peso metabólico fue de $58.6.1 \pm 7.4$, 54.6 ± 7.5 y 56.1 ± 6.6 g/Wkg^{0.75} ($p > 0.05$); y la digestibilidad aparente de la dieta fue de 73 ± 1.5 , 65.9 ± 3.9 , 69.8 ± 4.8 % ($p \leq 0.05$).
- La estimación del valor energético de NDT fue de 70.4 ± 1.5 , 62.9 ± 3.9 , 66.9 ± 4.1 % ($p < 0.05$) y ED de 3.3 ± 0.07 , 2.9 ± 0.2 , 3.1 ± 0.2 Kcal/g ($p < 0.05$). Se concluye que la harina de cebada por su valor nutricional y su valor energético puede ser incluida en la dieta de cuyes hasta en un 40 %.



VI. RECOMENDACIONES

A partir de los resultados y conclusiones obtenidas en el trabajo, se recomienda:

- Hacer un procesado inicial de la cebada hasta su conversión en harina de cebada y posteriormente su adición a las dietas experimentales.
- Adicionar la harina de cebada en dietas comparativas con otros cereales locales y evaluar por edad, sexo.
- Evaluación de las características organolépticas de la carne de cuy con la suplementación de la harina de cebada.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Agropal. (2021). Los efectos de la baja temperatura en el cultivo de cereal.
http://www.agropal.sc.com/servicios_noticias_d.shtml?Idboletin=891&idarticulo=145116&idseccion=4430. Consulta:17–noviembre– 2021.
- Albert, A., Vera, M. & Savón, L. (2006). *Digestibilidad de nutrientes de las especies Trichantera gigantea (H & B) (nacedero) Morus alba Lin. (Morera) y Erythrina poeppigiana (walp. O.F.) (Piñón) para la alimentación de cuyes (Cavia porcellus)*. In: IV Congreso Latinoamericano de Agro-forestería para la Producción. Pecuaria Sostenible. Varadero, Cuba.
- Aliaga, L. (1996). *Producción de cuyes*. Universidad Nacional del Centro del Perú. 1ª ed. Huancayo, Perú. *Edit. UNCP*. 145-179.
- Aliaga, L., Moncayo, R., Rico, E. & Caycedo, A. (2009). Producción de cuyes. 1ra Edición. *Fondo Editorial UCSS*. Lima, Perú. 808.
- AOAC (2005) Official method of Analysis. 18th Edition, Association of Officiating Analytical Chemists, Washington DC, Method 935.14 and 992.24
- Araujo, O. (2005). Factores Que Afectan El Consumo Voluntario En Bovinos a Pastoreo En Condiciones Tropicales. Retrieved from [http://www.ucv.ve /fileadmin /user_upload/facultad_agronomia/Consumo_a_pastoreo_II.pdf](http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/Consumo_a_pastoreo_II.pdf)
- Ariza, C. (1998). Caracterización física, química y biológica de granos de cebada (*Hordeum vulgare*) cubiertas y desnudas cosechadas en tres nichos productivos de la subregion de altiplanicies y laderas frias de Colombia.
- Asoprocuy. (2008). “Alternativas de Alimentación en Cuyes, bloques nutricionales”. [Fecha de consulta 5 de septiembre del 2015]. Disponible en:



- <http://municipioprovidencia.blogspot.com/>. (Pp. 3).
- Barrera, A., Avellaneda, J., Tapia, E., Peña, M., Molina, C. & Casanova, L. (2015). Composición química y degradación de cuatro especies de *Pennisetum* sp. *Ciencia y Tecnología* 8:13-27.
- Bureau, D. P., Harris, A. M. & Cho, C. Y. (1999). Apparent digestibility of rendered animal protein ingredients for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 180: 345-358.
- Bureau, D. P., & Hua, K. (2006). Letter to the Editor of *Aquaculture*. *Aquaculture*, 252: 103-105.
- Bustamante J. (1997). *Producción de cuyes*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 259 (pp. 10). Lima.
- Calcina, G. (2015). Digestibilidad y Valor energético de Residuos de Quinoa “JIPI” en Cuyes. In Universidad Nacional del Altiplano. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/1850>
- Calderón Y, G. E., & Cazares I, R. R. (2011). *Evaluación del comportamiento productivo de cuyes (cavia porcellus) en las etapas de crecimiento y engorde, alimentados con bloques nutricionales en base a paja de cebada y alfarina* (Bachelor's thesis).
- Camacho, M. (2010). *Manual de prácticas de alimentación animal*. Universidad Nacional Autónoma de México-Facultad de Estudios Superiores Cautlitlan Papime PE 205907.
- Campos, L. (2007). *Evaluación nutricional del frijol mucuna (Stizolobium deeringianum) y su uso en la alimentación de cuyes en crecimiento y engorde* [Tesis, Magister Scientiae, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú].



- Cañas, R. (1998). *Alimentación y Nutrición Animal*. 2da Edición. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago-Chile.
- Carhuapoma, D. V., Valencia, N., Mayhua, P., & Sánchez, A. V. (2015). Niveles de harina de algas “*Nostoc commune*” en el incremento de peso vivo en cuyes (*Cavia porcellus*) destetados. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*, 9(2), 1–6.
https://doi.org/10.5209/rev_rccv.2015.v9.n2.49588
- Cayllahua C., F., Condori D., D. U., Cordero F., A. G., Veliz L., M., & Contreras P., J. L. (2015). Sustitución gradual de la alfalfa (“*Medicago sativa* L.”) por el germinado de cebada (“*Hordeum vulgare*”) en raciones de cuyes (“*Cavia porcellus* L.”) en la etapa de crecimiento. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*, 9(2).
https://doi.org/10.5209/rev_rccv.2015.v9.n2.49601
- Collantes, R. D., & Gómez P, L. R. (2022). Influencia de heladas en el rendimiento y calidad de cebada en la sierra de Perú. *Tecnociencia*, 24(1), 100–110.
https://www.researchgate.net/publication/357645130_Influencia_de_heladas_en_el_rendimiento_y_calidad_de_cebada_en_la_Sierra_de_Peru/link/61d79372e669ee0f5c8d020a/download
- Carrasco I. (1994). *Utilización de la cebada (*Hordeum vulgare*) germinada en la alimentación de cuyes machos en crecimiento y engorde* [Tesis, Universidad Nacional Agraria La Molina. pp. 65].
- Castro, J. & Chirinos, D. (1992). *Consumo voluntario de forrajes, concentrados y residuos agroindustriales y domésticos en cuyes*. En: XVI Reunión APPA. Piura: Asociación Peruana de Producción Animal.
- Castro, J. & Chirinos, D. (2007). *Nutrición Animal*. Huancayo. Perú. (pp. 14).
- Caycedo A. (2000). *Experiencias investigativas en la producción de cuyes: Obras de*



- investigación de Caycedo. Univ de Nariño. Colombia. Serie de informes técnicos. (pp. 100-104).
- Censo nacional Agropecuario CENAGRO (2012). Censo realizado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática- INEI, Población pecuaria. Visitado en agosto del 2016. Disponible en <http://censos.inei.gob.pe/cenagro/tabulados/>
- Chauca, D. (1995). *Fisiología digestiva: Crianza de cuyes*. Lima: INIA. Serie Guía Didáctica. (pp. 13-16).
- Chauca, L. (1997). *Producción de Cuyes (Cavia porcellus) Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación*. FAO. Roma – Italia. (pp. 120).
- Chauca, L. (2005). *Producción de cuyes (Cavia porcellus)*. Instituto Nacional de Investigación Agraria.,(pp. 8–93). Retrieved from www.fao.org/docrep/w6562s04.htm#TopOfPage
- Church, D. (2002). *Fundamento de Nutrición e Alimentación de Animales*. (3ª ed) México. Edit. UTEHA. (pp. 512).
- Church, D., Pond, K. & Pond, W. (2004). *Bases Científicas Para la nutrición y Alimentación de los Animales Domésticos*. (2da ed). Ediciones Limusa Wiley. México. (pp. 438).
- Collantes, R. D., & Gómez P, L. R. (2022). Influencia de heladas en el rendimiento y calidad de cebada en la sierra de Perú. *Tecnociencia*, 24(1), (pp. 100-110).
- Cordova, F. J., Wallace, J. D. & Pieper, R. D. (1978). Forage intake by grazing livestock: A Review. *J. Range Manage.*, 31(6): 430-438.
- Dextre, A. (1997). *Evaluación del germinado de cebada (Hordeum vulgare) suplementado con mezclas balanceadas simples en empadres, gestación y lactancia*



- en cuyes (Cavia porcellus)*. [Tesis, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. pp. 103].
- Davies, H.L., T. F. Robinson, B. L. Roeder, M. E. Sharp, N. P. Johnston, A. C. Christensen & G. B. Schaalje. (2007). Digestibility, nitrogen balance, and blood metabolites in llama (*Lama glama*) and alpaca (*Lama pacos*) fed barley or barley alfalfa diets. *Small Rumin.*
- Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA). 2017. [Internet]. Disponible en: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1593/
- ENA. (2017). *Producción de cuyes*. (Oficina de Comunicaciones e Imagen Institucional). Ministerio de Agricultura y Riego, Lima Perú.
- Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA). 2019. [Internet]. Disponible en: <http://www.fundacionfedna.org/node/495>
- Forbes, J. M. (1986). *The voluntary food intake of farm animals*. Butterworths & Co. (Publishers) Ltd., London.
- Gómez, C. (2010). “Fundamentos de la Nutrición y Alimentación”. Facultad de Zootecnia, Departamento de Nutrición, Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú. Pg. 24.
- Guevara, J., Díaz, P., Bravo, N., Vera, M., Crisóstomo, O., Barbachán, H., & Huamán, D. (2013). Use flour pajuro (*Erythrina edulis*) as food supplement in guinea pig – Lima. *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química*, 16(2), 21–28. <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/quim/article/download/6590/5859/>.



- Guevara, P., Claeys, T. & Janssens, G.P.J. (2008). Apparent digestibility in meat-type guinea pigs as determined by total collection or by internal marker. *Vet Med* 53: 203-206.
- Guerrero, A. (2017). Determinación de la digestibilidad y energía digestible de la paprika de descarte (*Capsicum annum*) (tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Hidalgo L., V., & Valerio C., H. (2020). Digestibilidad y energía digestible y metabolizable del gluten de maíz, hominy feed y subproducto de trigo en cuyes (*Cavia porcellus*). *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 31(2), e17816. <https://doi.org/10.15381/rivep.v31i2.17816>
- Hiyagon, A. (2014). *Estudio Morfométrico del Estómago del Cobayo (Cavia Porcellus) Lactante*. (Tesis para Título de Médico Veterinario, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú. pp. 7-24].
- Jara, A. (2017). Valor Nutricional De La Broza De Quinoa (K'Iri) En Cuyes Tesis. In *Universidad Nacional del Altiplano*.
- Jimenez, J. C. (2016). *Evaluación in vivo de la conversión alimenticia de la mezcla a base de maíz, trigo y cebada, bajo dos presentaciones en la alimentación para cuyes (Cavia porcellus)*. <http://repositorio.unajma.edu.pe>
- Kleiber, M. (1961). *Bionregética Animal. El fuego de la vida ("The fire of Life")*. Editorial Acribia, (pp. 236).
- Lachmann, M. & Araujo, O. (2010). "La estimación de la digestibilidad en ensayos con rumiantes". 2a ed. Editorial Trillas. Mexico. (Pp. 35, 47).
- Laforé M. (1999). *Diagnóstico alimenticio y composición nutricional de los principales*



- insumos de uso pecuario del Valle del Mantaro*. [Tesis de Médico Veterinario, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima. pp. 84].
- Lammers, P. J., Carlson, S. L., Zdorkowski, G. A. & Honeyman, M. S. (2009). Reducing food insecurity in developing countries through meat production: the potential of guinea pig (*Caviaporcellus*). *Renewable Agriculture and Food Systems*. 24: 155-162.
- López, P, Patricia, Prieto G, Francisco, Gaytán M, Marcela, & Román G, Alma Delia. (2007). Caracterización fisicoquímica de diferentes variedades de cebada cultivadas en la región centro de México. *Revista chilena de nutrición*, 34(1), 71-77. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182007000100008>
- López, M. (2012). *Efecto de la alimentación suplementada con urea en la morfometría y calidad de carne en cuyes (Cavia porcellllus L.)*. [Tesis de Ingeniero Agrónomo, FCA.UNA-Puno, Puno, Perú].
- Lopez, H. (2015). *Estudio de las características reologicas de la mezcla de harina de trigo (Triticum aestivum), con harina de cebada (Hordeum vulgare) y arbeja (Pesium sativum) para la elaboracion de pan de molde integral*.
- Lopez, R. (2019). *Identificación de microorganismos asociados a la mejora de digestión y absorción de nutrientes con impacto en el peso y salud de cuyes mediante la metagenómica*. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza - UNTRM
Obtenido de <http://repositorio.unrtm.edu.pe/handle/UNTRM/1909>
- Lozada P., P., Jiménez A., R., San Martin H., F., & Huamán C., A. (2013). Efecto de la inclusión de cebada grano y semilla de girasol en una dieta basada en forraje sobre el momento óptimo de beneficio de cuyes. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú, RIVEP*, 24, 25–31.



- Marco, C. & Molina C. (2008). *Mejora de la funcionalidad de proteínas de cereales libres de gluten: Aplicación en productos fermentados* [Tesis Doctoral, Universidad de Valencia, Valencia, España].
- Martín M, L. (1992). Posibilidades de mejorar el valor nutritivo de la cebada (*Hordeum vulgare* L.) para los pollos mediante la administración de ácido láctico o enzimas. In *Universidad Complutense de Madrid* (Issue 1).
- Maynard, L; Loosli, J.& Hintz, H. (1981). *Nutrición Animal*. 4ª ed. México. Edit. McGraw Hill. (pp. 215-217).
- Mazuelos V. (1996). *Utilización de los germinados de cebada (Hordeum vulgare) y de maíz en la alimentación de cuyes hembras de remplazo durante el empadre, gestación y lactación*. [Tesis, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima- Perú. pp. 99].
- McDonald, P., Edwards, R., Greenhalgh, J., Morgan, C., Sinclair, L. & Wilkinson, R., (2013). *Animal Nutrition*. 7ª ed. EEUU. New York. Se. (pp. 85).
- Mejía, J. (2002). Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41612204>. *Acta Universitaria*, 12(Estudios).
- Meza Bone, G. A., Cabrera Verdezoto, R. P., Jéssica Jessenia, M. M., Fabricio Fabián, M. B., César Alberto, C. V., Meza Bone, C. J., Meza Bone, J. S., Cabanilla Campos, M. G., López Mejía, F. X., Pincay Jiménez, J. L., Bohórquez Barros, T., & Ortiz Dicado, J. (2014). Improved fattening guinea pig (*Cavia porcellus* L.) based on tropical forage grasses and shrubs in Quevedo, Ecuador. *Idesia (Arica)*, 32(3), 75–80. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292014000300010>
- Meza L, C. P. G. (2010). *Efecto del incremento de la densidad energética y proteica de la ración con harina de Cebada y de Haba durante el período de lactación y*



- empadre sobre el tamaño de camada en Cobayas* [Universidad Nacional Mayor de San Marcos].
http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/853/Meza_lc.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ministerio de Agricultura y Riego. 2019. *Potencial del mercado internacional para la carne de cuy* [Internet].
http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/tematicas/lciencia/101/mercado_interno_carne_cuy.pdf
- Montalvo, K., & Navarro, M. (2012). Determinación de la digestibilidad, energía digestible y metabolizable de broza de arveja (*pisum sativum* L) y betarraga (*beta vulgaris*) para la formulación de raciones en la alimentación de cuyes (*cavia porcellus*). In *Universidad Nacional del Centro del Perú*.
<http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/1954>
- Mora, I. (2002). *“Nutrición animal”*. 2a. Edit. Editorial UNED. Zaragoza, España. (pp. 13,29).
- Morales, J. 2002. Efecto de la fermentación microbiana en el intestino grueso sobre la digestión, absorción y utilización de nutrientes; comparación entre el cerdo landrace y el ibérico. Tesis doctoral. Barcelona. España. Universidad Autónoma de Barcelona. Facultad de Veterinaria. (pp. 195).
- Noboa, T. & Sanchez, J. (2010). *“Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Facultad de Ciencias Pecuarias”*. Escuela de Ingeniería Zootécnica. (pp. 2).
- Nehring, K. & Haenlein, G.F.W. (1973). Evaluación de piensos y cálculo de raciones en base a energía neta FAT. *Revista de ciencia animal* , 36 (5), 949-964.
- Orihuela, E. (1995). *Utilización de cebada (Hordeum vulgare) germinado en la*



- alimentación de cuyes en crecimiento hasta las 12 semanas*. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima- Perú. (pp. 100).
- Porras, S., Castro, I. & Chirinos, D. (1991). *Valor nutritivo, digestibilidad y NDT de las cascarras de kiwicha, quinua, tarwi y cebada grano en cuyes*. En: XIV Reunión APPA. Cerro de Pasco: Asociación Peruana de Producción Animal. Calcina, G. (2015). *Digestibilidad y Valor energético de Residuos de Quinoa “JIPI” en Cuyes*. In *Universidad Nacional del Altiplano*. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/1850>
- Quintana, E. (2009). *Suplementación de dietas abase de alfalfa verde con harina de cebada más una mezcla mineral y su efecto sobre el rendimiento y eficiencia productiva de cuye en crecimiento en el Valle del Mantaro*. *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*, 4(4), 74.
- Quintana M., E., Jiménez A., R., Carcelén C., F., San Martín H, F., & Ara G., M. (2013). *Efecto De Dietas De Alfalfa Verde, Harina De Cebada Y Bloque Mineral Sobre La Eficiencia Productiva De Cuyes*. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 24(4), 425–432. <https://doi.org/10.15381/rivep.v24i4.2744>
- Ramos, L., Guevara, A. & Villota, M. (2013). “*Evaluación del comportamiento productivo de cuyes cavia porcellus alimentados con alimento balanceado y pasto Aubade Lolium s. y forraje de Abutilon*”. *Revista de investigación pecuaria. REVIP*. 23, 31.
- Revollo, K. (2009). “*Proyecto de Mejoramiento Genético y Manejo del Cuy (MEJOCUY)*”. Bolivia.[pdf]. (Pp. 24, 30).
- Rico, E. & Rivas, C. (2003). *Manual sobre el manejo de cuyes*. USA. Benson Agriculture and Food Institute. (pp. 52).



- Roque, B. (2015). *Nutrición y alimentación animal consumo y digestibilidad*. (Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia). Universidad Nacional del Altiplano Puno-Perú. (pp. 5-6).
- Rubio, A. (2010). “*Formulaciones multinutricionales, una opción para complementar la nutrición del ganado en Zacatecas*” *Alimentos Nutricionales*. (Pp. 2).
- Saavedra, D. M., Gómez, J. W., Loa, G. S., & Gómez-Urviola, N. C. (2021). Green hydroponic forage of three varieties of barley (*Hordeum vulgare*) in the diet of guinea pigs (*Cavia porcellus*) in growing- forraje verde hidropónico de tres variedades de cebada (*Hordeum vulgare*) en la dieta de cuyes (*Cavia porcellus*) en RECR. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal*, 16(October), 67–71.
- Salcedo, E. P. N. del A. (2018). Evaluación Nutricional Del Trébol Nativo (*Trifolium amabile* K.) En Cuyes (*Cavia porcellus* L.). In Universidad Nacional del Altiplano.
- Salinas, M. (2002). “*Crianza y comercialización de cuyes*”. Primera edición. Editorial Colección granja y negocios. Lima, Perú. (Pp. 135,106).
- Sakaguchi, E. (2003). *Digestive strategies of small hindgut fermenters*. *Ani Sci Jour*. 74: (pp. 327-337).
- Sánchez, A., Sánchez, S., Godoy, S., Díaz, R. & Vega, N. (2009). Gramíneas tropicales en el engorde de cuyes mejorados sexados (*Cavia porcellus linnaeus*) en la zona de la Maná. *Revista Ciencia y Tecnología*. Ecuador. 2: 25-28.
- Sánchez V., R., Jiménez A., R., Huamán U., H., Bustamante L., J., & Huamán C., A. (2013). Respuesta Productiva Y Económica Al Uso De Cuatro Tipos De Bebederos Y a La Adición De Vitamina C En La Crianza De Cuyes En Época Seca En El Valle Del Mantaro. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 24(3), 283–292. <https://doi.org/10.15381/rivep.v24i3.2576>



- SENAMHI, (2017). Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.
- Shimada, M. (2017). *Nutricion Animal*. D.F. México: Trillas.
- Sistema Integrado de Estadística Agraria. 2018. *Producción Agrícola y Ganadera. Boletín Estadístico*. [Internet]. Disponible en: <http://siea.minagri.gob.pe/siea/?q=noticias/anuario-de-produccion-agricola-2018>
- Sosa, H. R. (2013). “Evaluación de la calidad nutricional de la harina de lombriz (*Eisenia foetida*) para la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus*).” In Universidad Nacional Del Centro Del Perú - Huancayo.
- Sotelo, A., Valenzuela, R., Césare, M.F., Alegría, C., Norabuena, E., Gonzáles, T. & Paitan, E. (2020). Determinación de la digestibilidad y energía digestible del forraje seco de mucuna (*Mucuna pruriens*) en cuyes. *Rev Inv Vet Perú* 31(1). e17537. doi: 10.15381/rivep.v3- 1i1.17537
- Stein, H. H. (2011). Ingredientes alimenticios alternativos: concentracion energetica y en nutrientes, digestibles y niveles recomendados de inclusion. University of Illinois, Urbana, 95–109.
- Tobar, L. & Vivas, M. (2010). “*Formulaciones nutricionales*”. Servicio Nacional de aprendizaje. Pasto, Nariño. Colombia. (Pp. 13).
- Ulloa LI, N. F. (2007). Determinación del contenido de energía digestible del maíz y harina de alfalfa , en cerdos domésticos (*Sus scrofa domesticus*) y jabalíes (*Sus scrofa L .*) Nelson Favian Ulloa Llaique. *Universidad Austral de Chile, 1*, 52.
- Van Soest P. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. New York. Cornell University Press. 476p.
- Vela R, L. A. (2020). Digestibilidad Y Estimación De La Energía Digestible De La Torta



- De Palmiste (*Elaeis Guineensis*) En Cuyes (*Cavia Porcellus*). In *Universidad Nacional Agraria La Molina*.
[Http://Repositorio.Lamolina.Edu.Pe/Bitstream/Handle/Unalm/2131/L02-C389-T.Pdf?Sequence=1&Isallowed=Y](http://Repositorio.Lamolina.Edu.Pe/Bitstream/Handle/Unalm/2131/L02-C389-T.Pdf?Sequence=1&Isallowed=Y)
- Vergara, V. (2008). Simposio Avances sobre producción de cuyes en el Perú. En XXXI Reunión Científica Anual de la Asociación Peruana de Producción Animal (APPA). Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú
- Vergara, V. (2009), Avances en nutrición y alimentación de cuyes, Programa de Investigación y Proyección Social de Alimentos, Facultad de Zootecnia, Universidad Agraria La Molina, Lima, Perú. Archivo internet, pdf.
- Vidaurre, Y., Vergara, V., Remigio, R., & Valverde, N. (2020). Reemplazo parcial o total de maíz por cebada en dietas integrales para cuyes (*Cavia porcellus*) en crecimiento Partial or total replacement of corn with barley in integral diets for growing guinea pigs (*Cavia porcellus*). *Agroindustrial Science*, 10(1), 71–77.
<https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/agroindscience/article/view/2854>
- Villegas G, D. E., & Roa V, M. L. (2020). Digestibilidad in vivo de morera (*Morus alba*), con diferentes niveles de concentrado en curies (*Cavia porcellus*). *Revista Sistemas de Producción Agroecológicos*, 11(2), 52–70.
<https://doi.org/10.22579/22484817.470>
- Waugh, R., Ramsay, L., Macaulay, M., McLean, K., Thomas, W., Ellis, R. & Swanston, S. (1999). *Identification and improvement of components of barley malting quality*. Proc 9th Australian Barley Technical Symposium.



ANEXOS



Anexo I: Materia Seca de las dietas experimentales 0, 1 y 2 y sus respectivos porcentajes de inclusión 0%, 20 %, 40 % y Harina De Cebada sola.

| | ALIMENTO T"0" | ALIMENTO T"1" | ALIMENTO T"2" | HARINA DE CEBADA |
|--------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------------|
| P. MF | 36.9216 | 57.552 | 38.8999 | 27.137 |
| P. MS | 34.9445 | 54.2436 | 36.586 | 25.6353 |
| MS (%) | 94.65 | 94.25 | 94.05 | 94.47 |
| Promedio MS | 94.65 | 94.25 | 94.05 | 94.47 |

Materia seca de las muestras de heces al azar de los tratamientos 0, 1 y 2 y sus respectivos porcentajes de inclusión 0%, 20% y 40%

| | MUESTRA HECES T"0" | | MUESTRAS HECES T "1" | | MUESTRA HECES T"2" | |
|--------------------|-------------------------------|-----------|---------------------------------|-----------|-------------------------------|-----------|
| | M1 | M2 | M1 | M2 | M1 | M2 |
| | P.MF | 36.9521 | 25.4292 | 24.4701 | 16.5555 | 16.6081 |
| P MS | 20.9186 | 14.4423 | 18.0695 | 12.6637 | 11.7238 | 18.0684 |
| MS (%) | 56.61 | 56.79 | 73.84 | 76.49 | 70.59 | 62.36 |
| Promedio MS | 56.70 | | 75.17 | | 66.47 | |



Anexo II: Peso inicial, peso promedio y consumo de la dieta por tratamientos

| Tratamiento | PV | PV | PM | CMF | IMS | IMS % | IMS KPV ^{0.75} |
|-------------|----------------|-----------------|------|-------|------|-------|----------------------------|
| | Inicial (g) | promedio (g) | | | | | |
| T0 | 692 | 769.0 | 0.82 | 59.75 | 56.6 | 7.35 | 68.86 |
| | 738 | 714.0 | 0.78 | 42.63 | 40.3 | 5.65 | 51.94 |
| | 737 | 745.0 | 0.80 | 46.63 | 44.1 | 5.92 | 55.03 |
| | 718 | 752.0 | 0.81 | 50.13 | 47.4 | 6.31 | 58.75 |
| T1 | 733 | 860.0 | 0.89 | 54.63 | 51.5 | 5.99 | 57.65 |
| | 746 | 758.5 | 0.81 | 38.75 | 36.5 | 4.82 | 44.94 |
| | 763 | 875.0 | 0.90 | 60.13 | 56.7 | 6.48 | 62.64 |
| | 788 | 857.0 | 0.89 | 50.38 | 47.5 | 5.54 | 53.30 |
| T2 | 726 | 776.5 | 0.83 | 54.25 | 51.0 | 6.57 | 61.68 |
| | 733 | 666.5 | 0.74 | 36.63 | 34.4 | 5.17 | 46.70 |
| | 707 | 739.0 | 0.80 | 48.00 | 45.1 | 6.11 | 56.64 |
| | 659 | 670.0 | 0.74 | 46.88 | 44.1 | 6.58 | 59.53 |

Anexo III

Tabla A1. Consumo de materia seca en el alimento y excreción de materia seca fecal. Grupo Control (dieta basal + 0% harina de cebada)

| Cuy | IMS | EE | FDN | PT | CT | CNF | EB | EMS | EE | FDN | PT | CT | CNF | EB | DMS | NDT | ED | | |
|------------------|-------------|-----|------|------|-----|------|--------|-------|-------------|-----|------|------|-----|--------|-----|-------------|-------------|-------------|-----|
| | g/d | % | % | % | % | % | Kcal/g | g/d | % | % | % | % | % | Kcal/g | % | % | Kcal/g | | |
| 1 | 56.6 | 4.3 | 38.3 | 18.0 | 3.2 | 30.8 | 4.5 | 255.6 | 14.5 | 4.5 | 59.2 | 10.2 | 7.5 | 18.6 | 4.6 | 66.5 | 74.4 | 71.8 | 3.3 |
| 2 | 40.3 | 4.3 | 38.3 | 18.0 | 3.2 | 30.8 | 4.5 | 182.3 | 11.7 | 4.6 | 59.5 | 12.2 | 7.9 | 15.8 | 4.6 | 54.1 | 71.0 | 68.5 | 3.2 |
| 3 | 44.1 | 4.3 | 38.3 | 18.0 | 3.2 | 30.8 | 4.5 | 199.4 | 12.1 | 4.4 | 58.3 | 11.5 | 6.9 | 18.9 | 4.6 | 56.1 | 72.5 | 69.8 | 3.2 |
| 4 | 47.4 | 4.3 | 38.3 | 18.0 | 3.2 | 30.8 | 4.5 | 214.4 | 12.4 | 4.2 | 60.3 | 12.5 | 7.8 | 15.2 | 4.6 | 57.2 | 73.9 | 71.4 | 3.3 |
| Promedio | 47.1 | | | | | | | | 12.7 | | | | | | | 73.0 | 70.4 | 3.3 | |
| Desv.Est. | 6.9 | | | | | | | | 1.2 | | | | | | | 1.5 | 1.5 | 0.1 | |
| C.V., % | 14.7 | | | | | | | | 9.7 | | | | | | | 2.1 | 2.2 | 2.2 | |

Tabla A2. Consumo de materia seca en el alimento y excreción de materia seca fecal. T1 (dieta basal + 20% harina de cebada)

| Cuy | IMS | EE | FDN | PT | CT | CNF | EB | EMS | EE | FDN | PT | CT | CNF | EB | DMS | NDT | ED | | |
|------------------|-------------|-----|------|------|-----|------|--------|-------------|------|-----|------|------|-----|--------|-----|-------------|-------------|------------|-----|
| | g/d | % | % | % | % | % | Kcal/g | g/d | % | % | % | % | % | Kcal/g | % | % | Kcal/g | | |
| 1 | 51.5 | 4.3 | 38.4 | 18.1 | 3.3 | 30.1 | 4.5 | 231.7 | 17.6 | 4.6 | 58.8 | 10.3 | 7.3 | 19.1 | 4.6 | 81.0 | 65.9 | 62.8 | 2.9 |
| 2 | 36.5 | 4.3 | 38.4 | 18.1 | 3.3 | 30.1 | 4.5 | 164.4 | 12.5 | 4.3 | 59.5 | 11.2 | 7.1 | 17.9 | 4.6 | 57.7 | 65.8 | 62.8 | 2.9 |
| 3 | 56.7 | 4.3 | 38.4 | 18.1 | 3.3 | 30.1 | 4.5 | 255.0 | 16.5 | 4.4 | 60.0 | 10.4 | 7.5 | 17.7 | 4.6 | 76.1 | 70.8 | 67.8 | 3.2 |
| 4 | 47.5 | 4.3 | 38.4 | 18.1 | 3.3 | 30.1 | 4.5 | 213.7 | 18.4 | 4.5 | 58.5 | 11.0 | 7.1 | 19.0 | 4.6 | 85.1 | 61.2 | 58.2 | 2.7 |
| Promedio | 48.0 | | | | | | | 16.3 | | | | | | | | 65.9 | 62.9 | 2.9 | |
| Desv.Est. | 8.5 | | | | | | | 2.6 | | | | | | | | 3.9 | 3.9 | 0.2 | |
| C.V., % | 17.8 | | | | | | | 16.1 | | | | | | | | 6.0 | 6.2 | 6.3 | |

Tabla A3. Consumo de materia seca en el alimento y excreción de materia seca fecal. T2 (dieta basal + 40% harina cebada)

| Cuy | IMS | EE | FDN | PT | CT | CNF | EB | EMS | EE | FDN | PT | CT | CNF | EB | DMS | NDT | ED | | |
|------------------|-------------|-----|------|------|-----|------|--------|-------------|------|-----|------|------|-----|--------|-----|-------------|-------------|------------|-----|
| | g/d | % | % | % | % | % | Kcal/g | g/d | % | % | % | % | % | Kcal/g | % | % | Kcal/g | | |
| 1 | 51.0 | 4.5 | 38.6 | 18.0 | 3.3 | 29.8 | 4.5 | 229.9 | 18.0 | 4.0 | 60.0 | 10.9 | 7.5 | 17.6 | 4.6 | 82.7 | 64.7 | 62.0 | 2.9 |
| 2 | 34.4 | 4.5 | 38.6 | 18.0 | 3.3 | 29.8 | 4.5 | 155.2 | 9.4 | 4.3 | 58.4 | 10.6 | 7.8 | 18.9 | 4.6 | 42.9 | 72.7 | 69.9 | 3.3 |
| 3 | 45.1 | 4.5 | 38.6 | 18.0 | 3.3 | 29.8 | 4.5 | 203.4 | 12.0 | 3.9 | 59.3 | 10.7 | 7.7 | 18.4 | 4.6 | 54.6 | 73.5 | 70.7 | 3.3 |
| 4 | 44.1 | 4.5 | 38.6 | 18.0 | 3.3 | 29.8 | 4.5 | 198.6 | 14.0 | 4.6 | 59.5 | 10.1 | 7.8 | 18.0 | 4.6 | 64.5 | 68.1 | 65.3 | 3.0 |
| Promedio | 43.7 | | | | | | | 13.4 | | | | | | | | 69.8 | 67.0 | 3.1 | |
| Desv.Est. | 6.9 | | | | | | | 3.7 | | | | | | | | 4.1 | 4.1 | 0.2 | |
| C.V., % | 15.7 | | | | | | | 27.3 | | | | | | | | 5.9 | 6.1 | 6.2 | |



Anexo IV: Digestibilidad De La Materia Seca, Nutrientes Digestibles Totales y Energía Digestible Total De La Dieta

| Detalle | control | | | | Promedio | Desv. | |
|-----------|---------|------|------|------|----------|-------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | | Est. | CV,% |
| | IMS | 56.6 | 40.3 | 44.1 | | 47.4 | 47.1 |
| EMS | 14.5 | 11.7 | 12.1 | 12.4 | 12.7 | 1.1 | 8.5 |
| MSD | 42.1 | 28.6 | 32.0 | 35.0 | 34.4 | 5.0 | 14.5 |
| DMS,% | 74.4 | 71.0 | 72.6 | 73.8 | 72.9 | 1.3 | 1.8 |
| NDT,% | 71.8 | 68.5 | 69.8 | 71.4 | 70.4 | 1.3 | 1.9 |
| ED,Kcal/g | 3.3 | 3.2 | 3.2 | 3.3 | 3.3 | 0.1 | 1.9 |

| Detalle | T1 | | | | Promedio | Desv. | |
|-----------|--------|--------|--------|--------|----------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | | Est. | CV,% |
| | IMS | 51.485 | 36.522 | 56.669 | | 47.479 | 48.039 |
| EMS | 17.57 | 12.50 | 16.537 | 18.417 | 16.256 | 2.270 | 13.963 |
| MSD | 33.91 | 24.03 | 40.13 | 29.06 | 31.783 | 5.954 | 18.734 |
| DMS,% | 65.872 | 65.783 | 70.82 | 61.211 | 65.921 | 3.398 | 5.154 |
| NDT,% | 62.79 | 62.76 | 67.79 | 58.17 | 62.874 | 3.402 | 5.411 |
| ED,Kcal/g | 2.93 | 2.92 | 3.16 | 2.71 | 2.928 | 0.159 | 5.428 |

| Detalle | T2 | | | | Promedio | Desv. | |
|-----------|--------|--------|--------|--------|----------|-------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | | Est. | CV,% |
| | IMS | 51.023 | 34.446 | 45.145 | | 45.46 | 44.019 |
| EMS | 18.03 | 9.39 | 11.96 | 14.04 | 13.356 | 3.162 | 23.673 |
| MSD | 32.99 | 25.06 | 33.18 | 31.42 | 30.662 | 3.307 | 10.787 |
| DMS,% | 64.663 | 72.744 | 73.497 | 68.15 | 69.763 | 3.586 | 5.140 |
| NDT,% | 62.04 | 69.90 | 70.74 | 65.30 | 66.992 | 3.532 | 5.272 |
| ED,Kcal/g | 2.8851 | 3.2591 | 3.296 | 3.0438 | 3.121 | 0.167 | 5.345 |



Anexo V: Digestibilidad de la materia seca, nutrientes digestibles totales y energía digestible por diferencia

| Detalle | T1 | | | | Promedio | Desv. | |
|------------|-------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | | Est. | CV,% |
| | MSDi | 1.169 | 5.727 | 72.66 | | 5.313 | 21.22 |
| DMS,i % | 31.83 | 45.04 | 63.84 | 10.7 | 37.85 | 19.4 | 51.2 |
| NDTi,% | 26.7 | 39.67 | 59.67 | 5.119 | 32.79 | 19.8 | 60.5 |
| EDi,Kcal/g | 1.262 | 1.877 | 2.798 | 0.289 | 1.56 | 0.9 | 58.7 |

| Detalle | T2 | | | | Promedio | Desv. | |
|------------|------|------|------|------|----------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | | Est. | CV,% |
| | MSDi | 19.3 | 19.7 | 35.0 | | 26.0 | 25.02 |
| DMS,i % | 50.1 | 75.4 | 74.9 | 59.6 | 65.00 | 10.7 | 16.5 |
| NDTi,% | 47.4 | 71.9 | 72.1 | 56.1 | 61.89 | 10.6 | 17.1 |
| EDi,Kcal/g | 2.2 | 3.4 | 3.4 | 2.6 | 2.90 | 0.5 | 17.4 |

Anexo VI: Análisis Univariado De Varianza Y Prueba de Dunnett para consumo de materia seca (g)

| Origen | Tipo III de suma de cuadrados | gl | Cuadrático promedio | F | Sig. |
|---------------------|-------------------------------------|----|------------------------|---------|------|
| Modelo corregido | 42,887 ^a | 2 | 21.443 | .380 | .694 |
| Interceptación | 25687.253 | 1 | 25687.253 | 455.179 | .000 |
| Tratamiento | 42.887 | 2 | 21.443 | .380 | .694 |
| Error | 507.900 | 9 | 56.433 | | |
| Total | 26238.040 | 12 | | | |
| Total corregido | 550.787 | 11 | | | |



| Tratamientos | Media | Error estándar | Intervalo de confianza al 95% | |
|--------------|--------|----------------|----------------------------------|-----------------|
| | | | Límite inferior | Límite superior |
| Cero de HC | 47.100 | 3.756 | 38.603 | 55.597 |
| 20 % HC | 48.050 | 3.756 | 39.553 | 56.547 |
| 40 % HC | 43.650 | 3.756 | 35.153 | 52.147 |

Anexo VII: Analisis univariado de Varianza y Prueba de Dunnett para consumo de materia seca (%)

| Origen | Tipo III de suma de cuadrados | gl | Cuadrático promedio | F | Sig. |
|---------------------|-------------------------------------|----|------------------------|---------|------|
| Modelo corregido | .815 ^a | 2 | .408 | .795 | .481 |
| Interceptación | 439.230 | 1 | 439.230 | 856.570 | .000 |
| Tratamiento | .815 | 2 | .407 | .795 | .481 |
| Error | 4.615 | 9 | .513 | | |
| Total | 444.660 | 12 | | | |
| Total corregido | 5.430 | 11 | | | |

| Tratamientos | Media | Error estándar | Intervalo de confianza al 95% | |
|--------------|-------|----------------|----------------------------------|-----------------|
| | | | Límite inferior | Límite superior |
| Cero de HC | 6.325 | .358 | 5.515 | 7.135 |
| 20 % HC | 5.700 | .358 | 4.890 | 6.510 |
| 40 % HC | 6.125 | .358 | 5.315 | 6.935 |



Anexo VIII: Análisis univariado de Varianza y Prueba de Dunnett para consumo de materia seca ($W/kg^{0.75}$)

| Origen | Tipo III de suma de cuadrados | gl | Cuadrático promedio | F | Sig. |
|---------------------|-------------------------------------|----|------------------------|---------|------|
| Modelo corregido | 32,667 ^a | 2 | 16.333 | .316 | .737 |
| Interceptación | 38250.521 | 1 | 38250.521 | 740.552 | .000 |
| Tratamiento | 32.667 | 2 | 16.333 | .316 | .737 |
| Error | 464.863 | 9 | 51.651 | | |
| Total | 38748.050 | 12 | | | |
| Total corregido | 497.529 | 11 | | | |

| Tratamientos | Media | Error estándar | Intervalo de confianza al 95% | |
|--------------|--------|----------------|----------------------------------|--------------------|
| | | | Límite inferior | Límite superior |
| Cero de HC | 58.625 | 3.593 | 50.496 | 66.754 |
| 20 % HC | 54.625 | 3.593 | 46.496 | 62.754 |
| 40 % HC | 56.125 | 3.593 | 47.996 | 64.254 |

Anexo IX: Análisis univariado de Varianza y Prueba de Dunnett para peso inicial (g)

Variable dependiente: Peso inicial

| Origen | Tipo III de suma de cuadrados | gl | Cuadrático promedio | F | Sig. |
|---------------------|-------------------------------------|----|------------------------|-------|------|
| Modelo corregido | 5554,167 ^a | 2 | 2777,083 | 3,889 | ,061 |



| | | | | | |
|-----------------|-------------|----|-------------|----------|------|
| Interceptación | 6365633,333 | 1 | 6365633,333 | 8914,759 | ,000 |
| Tratamiento | 5554,167 | 2 | 2777,083 | 3,889 | ,061 |
| Error | 6426,500 | 9 | 714,056 | | |
| Total | 6377614,000 | 12 | | | |
| Total corregido | 11980,667 | 11 | | | |

a. R al cuadrado = ,464 (R al cuadrado ajustada = ,344)

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Peso inicial

T de Dunnett (bilateral)^a

| (I) | (J) | Diferencia de medias (I-J) | Error estándar | Sig. | Intervalo de confianza al 95% | |
|--------------|--------------|----------------------------------|-------------------|------|----------------------------------|--------------------|
| | | | | | Límite inferior | Límite superior |
| Tratamientos | Tratamientos | | | | | |
| Cero de HC | 40 % HC | 15,0000 | 18,89518 | ,656 | -34,3911 | 64,3911 |
| 20 % HC | 40 % HC | 51,2500* | 18,89518 | ,043 | 1,8589 | 100,6411 |

Anexo X: Análisis univariado de Varianza y Prueba de Dunnett para Digestibilidad de Materia Seca (%)

| Origen | Tipo III de suma de cuadrados | gl | Cuadrático promedio | F | Sig. |
|---------------------|-------------------------------------|----|------------------------|----------|------|
| Modelo corregido | 99,401 ^a | 2 | 49.700 | 4.275 | .050 |
| Interceptación | 58042.257 | 1 | 58042.257 | 4992.354 | .000 |
| Tratamiento | 99.401 | 2 | 49.700 | 4.275 | .050 |
| Error | 104.636 | 9 | 11.626 | | |
| Total | 58246.294 | 12 | | | |
| Total corregido | 204.037 | 11 | | | |



| Tratamientos | Media | Error estándar | Intervalo de confianza al 95% | |
|--------------|--------|----------------|-------------------------------|-----------------|
| | | | Límite inferior | Límite superior |
| Cero de HC | 72.960 | 1.705 | 69.103 | 76.817 |
| 20 % HC | 65.920 | 1.705 | 62.063 | 69.777 |
| 40 % HC | 69.762 | 1.705 | 65.906 | 73.619 |

Anexo XI: Análisis univariado de Varianza y Prueba de Dunnett para Nutrientes Digestibles Totales (%)

| Origen | Tipo III de suma de cuadrados | gl | Cuadrático promedio | F | Sig. |
|------------------|-------------------------------|----|---------------------|----------|------|
| Modelo corregido | 113,369 ^a | 2 | 56.684 | 4.948 | .036 |
| Interceptación | 53476.095 | 1 | 53476.095 | 4668.242 | .000 |
| Tratamiento | 113.369 | 2 | 56.684 | 4.948 | .036 |
| Error | 103.098 | 9 | 11.455 | | |
| Total | 53692.562 | 12 | | | |
| Total corregido | 216.466 | 11 | | | |

| Tratamientos | Media | Error estándar | Intervalo de confianza al 95% | |
|--------------|--------|----------------|-------------------------------|-----------------|
| | | | Límite inferior | Límite superior |
| Cero de HC | 70.395 | 1.692 | 66.567 | 74.223 |
| 20 % HC | 62.878 | 1.692 | 59.049 | 66.706 |
| 40 % HC | 66.995 | 1.692 | 63.167 | 70.823 |



Anexo XII: Análisis univariado de Varianza y Prueba de Dunnett para Energía Digestible (Kcal/g)

| Origen | Tipo III de suma de cuadrados | gl | Cuadrático promedio | F | Sig. |
|---------------------|-------------------------------------|----|------------------------|----------|------|
| Modelo corregido | .233 ^a | 2 | .116 | 4.596 | .042 |
| Interceptación | 115.879 | 1 | 115.879 | 4580.688 | .000 |
| Tratamiento | .233 | 2 | .116 | 4.596 | .042 |
| Error | .228 | 9 | .025 | | |
| Total | 116.339 | 12 | | | |
| Total corregido | .460 | 11 | | | |

| Tratamientos | Media | Error estándar | Intervalo de confianza al 95% | |
|--------------|-------|----------------|----------------------------------|--------------------|
| | | | Límite inferior | Límite superior |
| Cero de HC | 3.270 | .080 | 3.090 | 3.450 |
| 20 % HC | 2.930 | .080 | 2.750 | 3.110 |
| 40 % HC | 3.123 | .080 | 2.943 | 3.302 |

Anexo XII: Análisis de Varianza y Prueba de T para Digestibilidad de Materia Seca de la Harina de Cebada (%)

| Tratamiento | N | Media | Desviación estándar | Media de | |
|---------------------------------------|---|---------|------------------------|----------|----------|
| | | | | error | estándar |
| Digestibilidad de 20 % HC | 4 | 37.8525 | 22.36470 | 11.18235 | |
| materia seca del 40 % HC insumo | 4 | 65.0025 | 12.35230 | 6.17615 | |

| Prueba de Levene de calidad de varianzas | | prueba t para la igualdad de medias | | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | |
|---|-----------|-------------------------------------|-------------------------|--|----------------------|
| F | Sig. t | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | Diferencia de error estándar | Inferior Superior |
| | | | | | |

| Digestibilidad | Se asumen | | | | | | | | |
|----------------|-----------|-------|------|--------|-------|------|-----------|----------|---------|
| de materia | varianzas | 1.116 | .332 | -2.125 | 6 | .078 | -27.15000 | 12.77458 | 4.10826 |
| seca del | iguales | | | | | | | 58.40826 | |
| insumo | No se | | | | | | | | |
| | asumen | | | | | | | | |
| | varianzas | | | -2.125 | 4.674 | .091 | -27.15000 | 12.77458 | 6.38797 |
| | iguales | | | | | | | 60.68797 | |

Anexo VX: Análisis de Varianza y Prueba de T para Nutrientes Digestibles de la Harina de Cebada (%)

| Tratamiento | N | Media | Desviación estándar | Media de | |
|------------------------|---|---------|------------------------|----------|----------|
| | | | | error | estándar |
| Nutrientes digestibles | 4 | 32.7900 | 22.89531 | 11.44766 | |
| totales del insumo | 4 | 61.8875 | 12.24400 | 6.12200 | |

Prueba de Levene de calidad de

varianzas prueba t para la igualdad de medias

Anexo XVI: Fotografías de todo el proyecto



Figura 2. Recepción de cuyes en pozas



Figura 3. Pesado de ingredientes



Figura 4. Preparación de ingredientes



Figura 5. Mezclado de insumos y preparación de dietas



Figura 6. Pesado de alimento ofrecido a los cuyes



Figura 7. Alimentación de cuyes con alfalfa y alimento balanceado en la semana de adaptación



Figura 8. Control de peso de los cuyes



Figura 9. Recolección de heces



Figura 10. Rotulación de las bolsa de papel craft para las muestras



Figura 11. Balanza analítica para el pesaje de las bolsas de papel craft y pesaje de muestras



Figura 12. Desecador de vidrio



Figura 13. Estufa: introducir y dejar las muestras 72 horas



Figura 14. Traslado de las muestras en el desecador para su posterior pesado



Figura 15. Pesado de las muestras después de las 72 horas.