

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA Y ZOOTECNIA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE ZOOTECNIA**



**TESIS**

**DIGESTIBILIDAD DEL AFRECHO DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.) Y  
LA HARINA DEL GRANO DEL FREJOL DE PALO (*Cajanus cajan* L.)  
EN CUYES (*Cavia porcellus* L.)**

**PRESENTADO POR:**

Br. ELOY ZUNIGA TAPARA

**PARA OPTAR AL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO ZOOTECNISTA**

**ASESORES:**

Ing. Zoot. Ph.D. GILBERT ALAGON HUALLPA

Ing. Zoot. M.Sc. GARDENIA TUPAYACHI SOLORZANO

**FINANCIADO POR CONVENIO CONCYTEC - UNSAAC - FONDECYT**

**CUSCO – PERÚ**

**2024**

## INFORME DE ORIGINALIDAD

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

El que suscribe, Asesor del trabajo de investigación/tesis titulada: "DIGESTIBILIDAD DEL AFRECHO DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.) y LA HARINA DEL GRANO DEL FREJOL DE PALO (*Cajanus cajan* L.) EN CUYES (*Cavia porcellus* L.)"

Presentado por: ELOY ZUNIGA TAPARA DNI N° 47842181

presentado por: ..... DNI N°: .....

Para optar el título profesional/grado académico de INGENIERO ZOOTECNICA

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 01 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 09%.

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

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

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto las primeras páginas del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 01 de ABRIL de 2025



Firma

Post firma Gaudencia Espinoza Solórzano

Nro. de DNI 42789402

ORCID del Asesor 0000-0002-8131-7223  
0000-0003-0534-493X  
DOI: 24463577

Se adjunta:

- Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
- Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid: 27259:444604477

# ELOY ZUNIGA TAPARA

## “DIGESTIBILIDAD DEL AFRECHO DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.) Y LA HARINA DEL GRANO DEL FREJOL DE PALO

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

### Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:444604477

Fecha de entrega

31 mar 2025, 9:21 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

31 mar 2025, 9:56 p.m. GMT-5

Nombre de archivo

ELOY\_TESIS FINAL 24 MAR OK.docx

Tamaño de archivo

2.5 MB

86 Páginas

21.649 Palabras

109.593 Caracteres

# 9% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

## Filtered from the Report

- Bibliography
- Quoted Text
- Cited Text
- Small Matches (less than 8 words)

## Exclusions

- 165 Excluded Matches

## Top Sources

- 9%  Internet sources
- 2%  Publications
- 4%  Submitted works (Student Papers)

## Integrity Flags

### 0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

## DEDICATORIA

A mi madre **Guillermina Tapara Huamán** que supo formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores lo cual me ha ayudado a seguir adelante en los retos de la vida.

A mi padre **Mario Soncco Quispe** que desde el cielo me ilumina para seguir adelante en mis proyectos.

A mis hermanos: **Neftaly Elisdan Zuniga Tapara** y **Edith Sánchez Tapara** para los cuales soy ejemplo de superación.

A mi hijo **Andrecito**, quien ha sido mi mayor motivación para nunca rendirme en los estudios y poder llegar a ser un ejemplo para él.

## AGRADECIMIENTOS

El principal agradecimiento a Dios quien me ha guiado y me ha dado la fortaleza para seguir adelante.

A mi extraordinaria familia por su comprensión y estímulo constante, además por su apoyo incondicional a lo largo de mis estudios.

A mis excelentes asesores **Ing. Zoot. Ph.D. Gilbert Alagón Hualpa** y a la **Ing. Zoot. M.Sc. Gardenia Tupayachi Solórzano** que fueron muy pacientes y generosos para compartir sus amplios conocimientos y experiencias, por sus constantes orientaciones y asesoría en la elaboración de mi tesis, que hicieron posible que este trabajo de investigación se concluya con satisfacción.

Al proyecto, N° E041-2017-UNSAAC-02, **“Valoración nutritiva de materias primas y determinación de los requerimientos de energía y proteína para el desarrollo de piensos balanceados de cuyes (*Cavia porcellus L.*)”**, perteneciente a la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, que financió la ejecución de la presente investigación.

A todos los miembros del equipo de trabajo del proyecto, que me brindaron su apoyo incondicional y fueron fundamental durante este trayecto de investigación

A todos los docentes, que íntegramente me han impartido sus conocimientos y experiencias académicas. Al personal administrativo, a mis amigos y compañeros de estudio de la Escuela Profesional de Zootecnia de la Facultad de Agronomía y Zootecnia, quienes estuvieron presentes durante mi vida universitaria, a ellos mis agradecimientos por estar presentes y haber compartido conocimientos y momentos felices.

A todas las personas que de una y otra forma me apoyaron en la realización de este trabajo.

## ÍNDICE GENERAL

|                                                            | Pág. |
|------------------------------------------------------------|------|
| DEDICATORIA .....                                          | ii   |
| AGRADECIMIENTOS.....                                       | iii  |
| ÍNDICE GENERAL.....                                        | iv   |
| ÍNDICE DE TABLAS.....                                      | ix   |
| ÍNDICE DE FIGURAS .....                                    | x    |
| ÍNDICE DE ANEXOS .....                                     | ixi  |
| GLOSARIO DE TÉRMINOS .....                                 | xiii |
| RESUMEN .....                                              | xv   |
| ABSTRACT .....                                             | xv   |
| I. INTRODUCCIÓN.....                                       | 17   |
| II. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN .....                 | 18   |
| 2.1.DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN ..... | 18   |
| 2.2.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....                        | 18   |
| 2.2.1. PROBLEMA GENERAL.....                               | 18   |
| 2.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....                          | 18   |
| III. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN .....                       | 19   |
| 3.1.OBJETIVOS.....                                         | 19   |
| 3.1.1. OBJETIVO GENERAL .....                              | 19   |
| 3.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....                         | 19   |

|                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------|----|
| 3.2. JUSTIFICACIÓN.....                                      | 20 |
| 3.3 HIPOTESIS.....                                           | 21 |
| IV. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....                              | 22 |
| 4.1. MARCO TEÓRICO .....                                     | 22 |
| 4.1.1. DIGESTIBILIDAD.....                                   | 22 |
| 4.1.2. DIGESTIBILIDAD <i>IN VIVO</i> .....                   | 23 |
| 4.1.3. DIGESTIBILIDAD APARENTE Y VERDADERA .....             | 24 |
| 4.1.4. ENERGÍA DIGESTIBLE.....                               | 25 |
| 4.1.5. MÉTODOS PARA DETERMINAR LA DIGESTIBILIDAD .....       | 27 |
| a. Método directo .....                                      | 27 |
| b. Método indirecto .....                                    | 28 |
| 4.1.6. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA DIGESTIBILIDAD .....      | 28 |
| a. Consumo de alimento .....                                 | 28 |
| b. Niveles de inclusión .....                                | 28 |
| c. Composición de la dieta.....                              | 29 |
| d. Preparación de la dieta.....                              | 30 |
| e. Factor animal.....                                        | 30 |
| f. Actividad cecotrofia.....                                 | 32 |
| g. Materia fecal metabólica .....                            | 33 |
| 4.1.7. AFRECHO DE TRIGO ( <i>Triticum aestivum</i> L.) ..... | 33 |
| a. Características nutritivas del afrecho de trigo .....     | 34 |
| b. Valor energético en otras especies.....                   | 34 |

|                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------|----|
| c. Valor proteico del afrecho de trigo en otras especies.....       | 34 |
| d. Utilización del afrecho de trigo en la alimentación animal ..... | 35 |
| 4.1.8. FREJOL DE PALO ( <i>Cajanus cajan</i> L.).....               | 36 |
| a. Descripción del fréjol de palo.....                              | 36 |
| b. Composición nutricional de la semilla de fréjol.....             | 37 |
| c. Utilización del frejol de palo.....                              | 37 |
| 4.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....                         | 37 |
| V. MATERIALES Y MÉTODOS .....                                       | 41 |
| 5.1. LUGAR DE EJECUCIÓN .....                                       | 41 |
| 5.2. INSTALACIONES Y EQUIPOS .....                                  | 41 |
| 5.2.1. DEL BIOTERIO .....                                           | 41 |
| 5.3. MATERIALES Y EQUIPOS .....                                     | 42 |
| 5.3.1. DE EQUIPOS Y MATERIALES DE CAMPO .....                       | 42 |
| 5.3.2. DE EQUIPOS Y MATERIALES DE LABORATORIO .....                 | 42 |
| 5.4. MATERIAL BIOLÓGICO .....                                       | 43 |
| 5.4.1. CUYES .....                                                  | 43 |
| 5.5. MATERIAS PRIMAS EVALUADAS .....                                | 43 |
| 5.5.1. PROCEDENCIA DE LAS MATERIAS PRIMAS .....                     | 43 |
| 5.6. DIETAS EXPERIMENTALES .....                                    | 44 |
| 5.6.1. PREPARACIÓN Y MEZCLA DEL ALIMENTO .....                      | 46 |
| 5.6.2. PROCESO DE PELETIZACIÓN DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES.....    | 45 |

|                                                                                                       |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>5.7. MÉTODOS.....</b>                                                                              | <b>46</b> |
| <b>5.7.1. DIGESTIBILIDAD.....</b>                                                                     | <b>46</b> |
| <b>5.7.2. ETAPA DE ADAPTACIÓN.....</b>                                                                | <b>46</b> |
| <b>5.7.3. ETAPA EXPERIMENTAL .....</b>                                                                | <b>46</b> |
| a. Consumo de alimento .....                                                                          | 46        |
| b. Suministración de agua .....                                                                       | 47        |
| c. Control de temperatura, ventilación y humedad.....                                                 | 47        |
| d. Colección y manejo de heces.....                                                                   | 47        |
| <b>5.8.DETERMINACIÓN DEL PESO SECO DE LAS HECES .....</b>                                             | <b>47</b> |
| <b>5.9.PROCESO DE MOLIENDA Y PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS EN BASE SECA.....</b>                        | <b>48</b> |
| <b>5.10.ANÁLISIS QUÍMICO DE LABORATORIO DE MATERIAS PRIMAS, DIETAS Y HECES.....</b>                   | <b>48</b> |
| <b>5.11. DETERMINACIÓN DE LAS DIGESTIBILIDADES.....</b>                                               | <b>48</b> |
| <b>5.12.ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....</b>                                                                 | <b>50</b> |
| <b>5.13. VARIABLES MEDIDAS.....</b>                                                                   | <b>50</b> |
| <b>5.13.1. VARIABLES INDEPENDIENTES.....</b>                                                          | <b>50</b> |
| <b>5.13.2. VARIABLES DEPENDIENTES.....</b>                                                            | <b>50</b> |
| <b>5.13. ANÁLISIS DE RESULTADOS .....</b>                                                             | <b>50</b> |
| <b>VI. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....</b>                                                              | <b>51</b> |
| <b>6.1.COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL AFRECHO DE TRIGO Y DE LA HARINA DEL GRANO DEL FREJOL DE PALO .....</b> | <b>52</b> |

|                                                                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 6.1.1. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL AFRECHO DE TRIGO .....                                                     | 52 |
| 6.1.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA HARINA DEL GRANO DEL FREJOL DE PALO.....                                 | 52 |
| 6.2.DIGESTIBILIDAD DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES .....                                                     | 53 |
| 6.2.1. CONSUMO (g MS/DÍA/CUY) Y DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES.....                 | 53 |
| 6.2.2. DIGESTIBILIDAD DEL AFRECHO DE TRIGO Y HARINA DEL GRANO FREJOL DE PALO.....                         | 58 |
| 6.2.3. VALORACIÓN NUTRITIVA DE PCD, EED, FCD (%) Y ED (KCAL/KG MS) DE LAS MATERIAS PRIMAS EN ESTUDIO..... | 61 |
| VII. CONCLUSIONES .....                                                                                   | 63 |
| VIII. RECOMENDACIONES .....                                                                               | 64 |
| REFERENCIAS .....                                                                                         | 65 |
| ANEXOS .....                                                                                              | 72 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                                                                                      | Pág. |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Tabla 1. Valor de la energía digestible (ED) de diferentes alimentos en el cuy                                                                       | 28   |
| Tabla 2. Composición química del afrecho de trigo (15% almidón) .....                                                                                | 35   |
| Tabla 3. Análisis proximal del subproducto de trigo en base seca (%) .....                                                                           | 36   |
| Tabla 4. Valor energético del afrecho de trigo.....                                                                                                  | 36   |
| Tabla 5. Valor proteico del afrecho de trigo.....                                                                                                    | 36   |
| Tabla 6. Composición nutricional del frejol de palo y la soya .....                                                                                  | 36   |
| Tabla 7. Distribución de tratamientos .....                                                                                                          | 42   |
| Tabla 8. Ingredientes de la dieta basal 1 para evaluar afrecho de trigo y la dieta afrecho de trigo (Base fresca).....                               | 45   |
| Tabla 9. Ingredientes de la dieta basal 2 para evaluar harina del grano del frejol de palo y la dieta harina del grano del frejol de palo .....      | 46   |
| Tabla 10. Composición química de los piensos experimentales (% MS) .....                                                                             | 47   |
| Tabla 11. Composición química de las materias primas en estudio (% MS) ....                                                                          | 53   |
| Tabla 12. Ingestión (g MS/día), coeficientes de digestibilidad aparente (Da %) de la dieta basal 1 y dieta afrecho de trigo .....                    | 55   |
| Tabla 13. Ingestión (g MS/día), coeficientes de digestibilidad aparente (DA %) de la dieta basal 2 y dieta harina del grano del frejol de palo ..... | 57   |
| Tabla 14. Coeficiente de digestibilidad aparente (DA %) de las materias primas .....                                                                 | 60   |
| Tabla 15. Valoración nutritiva de PCD, EED, FCD (%) y ED (kcal/kg MS) del afrecho de trigo y de la harina del grano del frejol de palo.....          | 61   |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                               | Pág. |
|-------------------------------------------------------------------------------|------|
| Figura 1. Bioterio de nutrición animal de la Escuela Profesional de Zootecnia |      |
| .....                                                                         | 42   |

## ÍNDICE DE ANEXOS

|                                                                                                                                 | Pág. |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Anexo 1. Materias primas a evaluar.....                                                                                         | 72   |
| Anexo 2. Preparación, mezcla y proceso de peletización de los alimentos .....                                                   | 72   |
| Anexo 3. Pellets de dietas experimentales .....                                                                                 | 73   |
| Anexo 4. flujograma de la preparacion de la dieta afrecho de trigo y dieta frejol de palo.....                                  | 74   |
| Anexo 5. Ensayo de digestibilidad .....                                                                                         | 74   |
| Anexo 6. Prueba de t Student para consumo (g MS/día/cuy) de la dieta basal 1 y dieta afrecho de trigo.....                      | 75   |
| Anexo 7. Prueba de t Student para CDMS de la dieta basal 1 y la dieta afrecho de trigo (%) .....                                | 75   |
| Anexo 8. Prueba de t Student para CDMO de la dieta basal-at y la dieta afrecho de trigo (%) .....                               | 75   |
| Anexo 9. Prueba de t Student para CDPC de la dieta basal-at y la dieta afrecho de trigo (%) .....                               | 76   |
| Anexo 10. Prueba de t Student para CDEE de la dieta basal 1 y la dieta afrecho de trigo (%) .....                               | 77   |
| Anexo 11. Prueba de t Student para CDFC de la dieta basal 1 y la dieta afrecho de trigo (%) .....                               | 788  |
| Anexo 12. Prueba de t Student para CDEB de la dieta basal 1 y la dieta afrecho de trigo (%) .....                               | 78   |
| Anexo 13. Prueba de t Student para consumo de la dieta basal 2 y dieta harina del grano del frejol de palo (g MS/día/cuy) ..... | 79   |

|                                                                                                                                                          |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Anexo 14. Prueba de t Student para CDMS de la dieta basal 2 y la dieta harina del grano del frejol de palo (%) .....</b>                              | <b>79</b> |
| <b>Anexo 15. Prueba de t Student para CDMO de la dieta basal 2 y la dieta harina del grano del frejol de palo (%) .....</b>                              | <b>80</b> |
| <b>Anexo 16. Prueba de t Student para CDPC de la dieta basal 2 y la dieta harina del grano del frejol de palo (%) .....</b>                              | <b>81</b> |
| <b>Anexo 17. Prueba de t Student para CDEE de la dieta basal 2 y la dieta harina del grano del frejol de palo (%) .....</b>                              | <b>81</b> |
| <b>Anexo 18. Prueba de t Student para CDFC de la dieta basal 2 y la dieta harina del grano del frejol de palo (%) .....</b>                              | <b>82</b> |
| <b>Anexo 19. Prueba de t Student para CDEB de la dieta basal 2 y la dieta harina del grano del frejol de palo (%) .....</b>                              | <b>82</b> |
| <b>Anexo 20. Análisis estadístico descriptivo de consumo (g MS/día/cuy) y coeficiente de digestibilidad de las dietas experimentales .....</b>           | <b>84</b> |
| <b>Anexo 21. Análisis estadístico descriptivo de coeficiente de digestibilidad de las materias primas en estudio .....</b>                               | <b>85</b> |
| <b>Anexo 22. Análisis estadístico descriptivo de valoración nutritiva de PCD, EED, FCD (%) y ED (kcal/kg MS) de las materias primas en estudio .....</b> | <b>86</b> |
| <b>Anexo 23. Análisis estadístico descriptivo de valoración nutritiva de ED (kcal/kg MS) de las dietas experimentales .....</b>                          | <b>86</b> |

## **GLOSARIO DE TÉRMINOS**

**AOAC=** Association of Official Analytical Chemists

**FEDNA=** Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal

**Da=** Digestibilidad aparente

**CD=** Coeficiente de digestibilidad

**EE=** Extracto etéreo

**CE=** Ceniza

**FC=** Fibra cruda

**EB=** Energía bruta

**ED=** Energía digestible

**ELN=** Extracto libre de nitrógeno

**CDMS=** Coeficiente de digestibilidad de materia seca

**CDMO=** Coeficiente de digestibilidad de materia orgánica

**CDPC=** Coeficiente de digestibilidad de proteína cruda

**CDEE=** Coeficiente de digestibilidad del extracto etéreo

**CDFC=** Coeficiente de digestibilidad de la fibra cruda

**CDEB=** Coeficiente de digestibilidad de la energía bruta

**PCD=** Proteína cruda digestible

**EED=** Extracto etéreo digestible

**FCD=** Fibra cruda digestible

**ED=** Energía Digestible

**At=** Afrecho de trigo

**Fp=** Harina del grano del frejol de palo

**Dbasal 1=** Dieta basal 1

**Dbasal 1 + 45% at=** Dieta afrecho de trigo

**Dbasal 2=** Dieta basal 2

**Dbasal 2 + 30% fp=** Dieta harina del grano del frejol de palo

## RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo evaluar la composición química y la digestibilidad de los diferentes nutrientes del afrecho de trigo (*Triticum aestivum* L.) y la harina del grano del frejol de palo (*Cajanus cajan* L.) en cuyes (*Cavia porcellus* L.), a través de un ensayo de digestibilidad *in vivo*. Se utilizó 28 cuyes, entre machos y hembras en etapa de crecimiento, con peso promedio de  $751 \pm 139$  g, estos fueron asignados al azar en jaulas metabólicas y las dietas experimentales fueron distribuidas al azar sistemático en cuatro tratamientos, asignándose 7 cuyes por cada tratamiento: dieta basal 1 (Dbasal 1), dieta afrecho de trigo (Dbasal 1+45%at), dieta basal 2 (Dbasal 2) y dieta harina del grano del frejol de palo (Dbasal 2+30%fp). La composición química se determinó por el método de la Association of Official Analytical Chemists (AOAC), para estimar el coeficiente de digestibilidad de los nutrientes de cada dieta se determinó por diferencia entre cantidades de nutriente ingerida y la de nutriente excretada con las heces y para determinar el coeficiente de digestibilidad de los nutrientes de las materias primas: afrecho de trigo y harina del grano del frejol de palo se estimaron conforme al método de sustitución. El estudio fue de 15 días: etapa de adaptación (10 días) y etapa experimental (5 días), durante la cual se midió el alimento consumido y producción de heces por cada cuy. Los resultados de los coeficientes de digestibilidad aparente obtenidos para afrecho de trigo fueron:  $62.01 \pm 4.02\%$  de MS,  $61.92 \pm 3.61\%$  MO,  $75.19 \pm 3.78\%$  PC,  $51.20 \pm 4.83\%$  EE,  $68.38 \pm 3.60\%$  FC,  $61.50 \pm 3.68\%$  EB y  $2\,795 \pm 167.33$  (kcal/kg MS) ED; y los resultados de los coeficientes de digestibilidad aparente obtenidos para harina del grano del frejol de palo fueron:  $76.30 \pm 1.31\%$  MS,  $73.58 \pm 1.32\%$  MO,  $59.93 \pm 3.22\%$  PC,  $55.79 \pm 2.97\%$  EE,  $77.96 \pm 1.41\%$  FC,  $68.62 \pm 1.50\%$  EB y  $3\,003 \pm 65.62$  (kcal/kg MS) ED. Los resultados demuestran que la PC de la harina del grano del frejol de palo es menos digestible (59.93%) por tanto su PD es baja (14.47%), con alto contenido de ED (3 003 Kcal/kg MS). Mientras que el afrecho de trigo tiene valores nutricionales importantes en PD (15.17%) y ED (2 795 kcal/kg MS).

**Palabras clave:** Digestibilidad, afrecho de trigo(at), harina del grano del frejol de palo(fp), cuyes, materia seca(MS), materia orgánica(MO), proteína cruda(PC), extracto etéreo (EE), fibra cruda(FC), energía bruta(EB), energía digestible(ED), proteína digestible (PD).

## ABSTRACT

The objective of the research work was to evaluate the chemical composition and digestibility of the different nutrients of wheat bran (*Triticum aestivum* L.) and pole bean grain flour (*Cajanus Cajan* L.) in guinea pigs (*Cavia porcellus* L.), through an in vivo digestibility test. For this purpose, 28 guinea pigs were used, including males and females in the growth stage, with an average weight of  $751 \pm 139$  g. These animals were randomly assigned to metabolic cages and the experimental diets were systematically distributed randomly into four treatments. assigning 7 guinea pigs to each treatment: basal diet 1 (Dbasal 1), wheat bran diet (Dbasal 1 + 45% at), basal diet 2 (Dbasal 2) and pole bean grain flour diet (Dbasal 2 + 30% fp). The chemical composition was determined using the Association of Official Analytical Chemists (AOAC) method; to estimate the digestibility coefficient of the nutrients of each diet, it was determined by the difference between the amounts of the nutrient ingested and the amount of nutrient excreted with the feces and to determine the digestibility coefficient of the nutrients of the raw materials: wheat bran and pole bean grain flour were estimated according to the substitution method. The duration of the study was 15 days divided into two stages: adaptation stage that lasted 10 days and experimental stage that lasted five days, during which the food consumed and feces production for each guinea pig were measured. The results of the apparent digestibility coefficients obtained for wheat bran were:  $62.01 \pm 4.02\%$  of DM,  $61.92 \pm 3.61\%$  of OM,  $75.19 \pm 3.78\%$  of CP,  $51.20 \pm 4.83\%$  of EE,  $68.38 \pm 3.60\%$  of CF,  $61.50 \pm 3.68\%$  of GE and  $2\,795 \pm 167.33$  (kcal/kg DM) of DE; and the results of the apparent digestibility coefficients obtained for the pole bean grain flour were:  $76.30 \pm 1.31\%$  of DM,  $73.58 \pm 1.32\%$  of OM,  $59.93 \pm 3.22\%$  of CP,  $55.79 \pm 2.97\%$  of EE,  $77.96 \pm 1.41\%$  of CF,  $68.62 \pm 1.50\%$  of GE and  $3\,003 \pm 65.62$  (kcal/kg DM) of DE. The results obtained demonstrate that the CP of the pole bean grain flour is less digestible (59.93%) therefore its PD is low (14.47%), with a high DE content (3 003 Kcal/kg DM). While wheat bran has important nutritional values in PD (15.17%) and DE (2 795 kcal/kg DM).

**Keywords:** Digestibility, wheat bran(at), pole bean grain flour(fp), guinea pig, dry matter (DM), organic matter (OM), crude protein (CP), ether extract (EE), crude fiber (CF), gross energy (BE), digestible energy (DE), digestible protein (DP).

## I. INTRODUCCIÓN

Actualmente una de las actividades pecuarias con mucho potencial de producción en la Región Cusco es la crianza de cuyes con fines lucrativos, esto aumenta los ingresos económicos de los productores dedicados a la producción de cuyes fundamentalmente en el sector rural (CENAGRO, 2012). Es por ello, que los costos de la producción actual se deben reducir al mínimo en la medida de lo posible en dicha actividad pecuaria para que los productores obtengan una mejor rentabilidad, considerando que el componente más importante es la alimentación del cuy, el que representa aproximadamente entre el 60 a 70% de los costos de producción (Ravindran, 2010); alimento que debe cubrir los requerimientos nutricionales de esta especie.

Por lo antes mencionado, hoy en día se trata de buscar alternativas basadas en el uso de insumos primarios no convencionales para su alimentación (FAO, 2014); es así como los ensayos de digestibilidad con métodos que permite evaluar el valor nutritivo de los insumos, ya que mediante este método se determina la cantidad de nutrientes absorbidos en el tracto digestivo del cuy (McDonald *et al.*, 2002), representando una información valiosa para formular dietas balanceadas en función al requerimiento de esta especie en particular.

Las semillas de frejol de palo tienen alto índice de proteína que varía entre 18 y 25% y son usadas en la alimentación de animales (Carballo, 2000) y 39.14% de fibra (Vera, 2011). Mientras que el afrecho de trigo posee un 15% de proteína (FEDNA, 2019) conteniendo 11% en promedio de fibra (Suarez, 2002).

En este sentido, el presente estudio pretende determinar la digestibilidad y la composición química del afrecho de trigo (*Triticum aestivum* L.) y la harina del grano del frejol de palo (*Cajanus cajan* L.) en cuyes (*Cavia porcellus* L.) por ser fuentes de buen contenido energético y proteico, y así obtener alimentos balanceados que cubran los requerimientos de crecimiento, producción y mantenimiento de esta especie de interés zootécnico.

## **II. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN**

### **2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN**

La harina del grano del frejol de palo y el afrecho de trigo, son fuentes de alto contenido proteico y energético respectivamente (Shimada, 2009), son materias primas con potencial para ser incluidas en la formulación de dietas para cuyes, sin embargo, se tiene poca información acerca de la digestibilidad de sus nutrientes y por consiguiente su valor nutritivo, de manera que a partir de los resultados alcanzados en el estudio se podrá desarrollar tablas de valoración nutricional para la fabricación de alimentos balanceados para cuyes.

### **2.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Bajo este contexto, siendo el problema la escasa información confiable del valor nutritivo del afrecho de trigo y la harina del grano del frejol de palo, se requiere implementar ensayos de digestibilidad con cuyes para establecer el coeficiente de digestibilidad de los nutrientes más relevantes, de manera que con los resultados de su composición química y valores nutricionales obtenidos se pueda contribuir a establecer las tablas de materias primas para la alimentación de cuyes, por tanto se plantea las siguientes preguntas:

#### **2.2.1. PROBLEMA GENERAL**

¿Cuál es la composición química y la digestibilidad del afrecho de trigo y la harina del grano del frejol de palo en cuyes?

#### **2.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

- ¿Cuál es la composición química del afrecho de trigo y la harina del grano del frejol de palo?
- ¿Cuáles son los coeficientes de digestibilidad de los diferentes nutrientes del afrecho de trigo y la harina del grano del frejol de palo en cuyes?

### **III. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN**

#### **3.1. OBJETIVOS**

##### **3.1.1. OBJETIVO GENERAL**

Determinar la composición química y la digestibilidad del afrecho de trigo (*Triticum aestivum* L.) y la harina del grano del frejol de palo (*Cajanus cajan* L.) en cuyes (*Cavia porcellus* L.).

##### **3.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar la composición química de la materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), fibra cruda (FC), ceniza (CE), extracto libre de nitrógeno (ELN) y energía bruta (EB) del afrecho de trigo y la harina del grano del frejol de palo.
- Determinar la digestibilidad *in vivo* de la materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), fibra cruda (FC), energía bruta (EB) y establecer los valores de proteína digestible (PD) y energía digestible (ED) del afrecho de trigo y la harina del grano del frejol de palo.

### 3.2. JUSTIFICACIÓN

Los resultados obtenidos en el estudio actual, contribuirán a un mejor conocimiento de la composición química y la digestibilidad del afrecho de trigo y la harina del grano del frejol de palo, así como también fortalecerán las cadenas productivas de cuyes a nivel regional y nacional, principalmente en el componente de nutrición y alimentación animal; contribuyendo de ese modo a la seguridad alimentaria de la población y produciendo al mismo tiempo ganancias económicas al productor por medio de su crianza comercial.

La escasa información sobre estudios de investigación de digestibilidad del afrecho de trigo y de la harina del grano del frejol de palo en cuyes, ha creado un vacío en el conocimiento científico sobre este tema. Por tal razón se justifica la ejecución del actual estudio de investigación con la intención de aportar los resultados al conocimiento científico, así mismo, esta información con alto grado de confiabilidad será difundida a las plantas dedicadas a la producción de alimentos balanceados, formuladores de dietas, a los productores de cuyes, además de aportar con la información para la creación y formulación de tablas de alimentos para cuyes.

Para desarrollar sistemas de producción racional de carne de cuy, similar al de pollos y cerdos, es fundamental la utilización de piensos granulados balanceados, que cubran las necesidades fisiológicas (lactancia, crecimiento y engorde), y maximizar su potencial genético (prolificidad, crecimiento). Por lo tanto, es necesario realizar análisis químico de nutrientes, pruebas de digestibilidad y otras pruebas para una correcta valoración nutricional de las materias primas utilizadas en la alimentación de cuyes.

La harina de frejol de palo (*Cajanus cajan* L.) debe ser evaluada como posible solución de fuente proteica para la preparación de alimentos para cuyes y además reducir la constante alza de los costos de producción de los alimentos balanceados para animales, incentivando su uso como ingrediente en la preparación de mezclas de proteínas vegetales, con miras a mejorar el valor nutritivo de las mismas. Y en cuanto a la disponibilidad de esta materia prima el MIDAGRI (2020) detalla que en el departamento del cusco para el año 2019 fue de 1 856 Ton.

#### **IV. HIPOTESIS**

La adición de 45% del afrecho de trigo y 30% de frejol de palo a las dietas basales no influye sobre la digestibilidad de los nutrientes y consumo de materia seca.

La adición de 45% del afrecho de trigo y 30% de frejol de palo a las dietas basales si influye sobre la digestibilidad de los nutrientes y consumo de materia seca.

## **V. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **5.1. MARCO TEÓRICO**

#### **5.1.1. DIGESTIBILIDAD**

Se define como la cantidad de alimento que no se expulsa en las heces y por consiguiente se estima que fue absorbido por el organismo del animal; por lo tanto, la diferencia porcentual en materia seca entre lo ingerido y lo excretado se utiliza para calcular el factor de digestibilidad del alimento (McDonald *et al.*, 2002; Cañas, 1998).

Para que los nutrientes de los alimentos se utilicen de una manera óptima, también deben ocurrir varios procesos, tales como las fuerzas mecánicas generadas durante la masticación, la actividad química que está en función de los jugos gástricos e intestinales, así como también la hidrólisis enzimática genera en el tracto gastrointestinal y la acción de los microorganismos que están en el ciego. A este procedimiento se conoce como digestión, consecuentemente ocurre la absorción de los productos resultantes de la digestión a través de diversos mecanismos de las células de la mucosa intestinal hacia el torrente sanguíneo o líquido linfático (Hidalgo *et al.*, 1995; Campos, 2007).

La falta de tiempo en la acción digestiva puede limitar la digestibilidad en alimentos que requieren lenta digestión o también puede limitarse la digestibilidad por falta de absorción completa (Maynard *et al.*, 1981).

Abrams (1995) indica que el material de la ración que se suministre para cualquier animal normal sea de fácil reducción por las secreciones gastrointestinales o la acción de los microorganismos a un estado que pueda ser absorbido fácilmente por la pared del intestino.

Maynard (1980) fundamentado en investigaciones de digestibilidad, afirma que la digestibilidad calcula la pérdida de los componentes del alimento a medida que pasan por el tracto gastrointestinal por efecto de la absorción.

McDonald *et al.* (2002) expresa que la digestibilidad de los alimentos es eficaz en cuanto a los alimentos no se excretan en las heces por lo que se presume que se han absorbido. Generalmente lo absorbido se expresa calculando el coeficiente de

digestibilidad, que representa la tasa porcentual de un nutriente alimentario que se puede absorber.

La digestibilidad de los alimentos está referida al porcentaje de alimento asimilado por el animal, y que no es expulsado como residuo fecal, por consiguiente, se supone que el alimento fue absorbido, comprendiéndose que cuando el alimento sea más digerible será de más interés nutricional (Cuadrado, 2008).

Aunque no es posible determinar con precisión todas las pérdidas cuando se realiza la prueba de digestibilidad, lo importante radica en proveer una inicial estimación del valor nutricional que posee un alimento desde sus componentes químicos y consiguiendo obtener el valor energético que se desperdicia en las heces siendo el más significativo en la determinación del valor nutricional del alimento en todas las especies domésticas (Campos, 2007).

Quienes se dedican a la formulación de piensos y al control de su calidad están familiarizados con los métodos para determinar la disponibilidad energética de los alimentos para animales. Dado que el valor nutricional de un alimento está relacionada a su composición química, por medio de los cuales la digestibilidad de los nutrientes de un alimento se puede expresar en valores de energía digestible y energía metabolizable (Torre, 1995).

Por lo común, se prefieren animales machos para evaluar las pruebas de digestibilidad ya que las heces son fáciles de separar de la orina (Buxadé, 1995).

### **5.1.2. DIGESTIBILIDAD *IN VIVO***

Maynard (1980) indica que para hacer estos experimentos se puede realizar tanto con un alimento o mezcla, siempre hay que tener en cuenta que al animal solo se le debe proporcionar lo que necesita para su mantenimiento, porque con otros niveles de alimento proporcionado la digestibilidad decaería, para estos experimentos el número mínimo de animales es de 4 y un máximo de 6 animales.

El alimento se debe pesar y suministrar individualmente, las heces se recolectan a diario y son correctamente pesadas. Para determinar el parámetro de la digestibilidad del alimento expresado en materia seca se debe determinar la cantidad de materia seca de los alimentos y de las excretas.

$\text{Digestibilidad} = (\text{Consumido} - \text{Excretado}) / \text{Consumido}.$

Si se realiza el análisis químico de MO, PB y FB. del alimento y las heces obtendremos la digestibilidad de cada uno de estos componentes, y por consiguiente reportaremos la materia orgánica digestible, proteína digestible y fibra digestible.

### **5.1.3. DIGESTIBILIDAD APARENTE Y VERDADERA**

McDonald *et al.* (2002) describe la digestibilidad aparente como el porcentaje de una ración que no se digiere, y sugiere hacer pruebas con varios individuos de la misma especie, sexo y edad, y de fácil manejo que no sean animales nerviosos y que presenten pequeñas diferencias en su habilidad digestiva. Así mismo se utiliza frecuentemente animales machos ya que, es más fácil colectar por separado las heces y la orina. Así mismo se enfatiza que los animales pequeños como conejos y cuyes se deben poner en jaulas metabólicas donde los residuos como la orina y las excretas se disgreguen mediante un tamiz.

Maynard (1980) indica que el ensayo de digestibilidad consiste en medir la cantidad de nutrientes consumidos y excretados en las heces. Es importante que la cantidad de heces colectadas refleje el residuo de alimento no digerido y que fue medido anteriormente.

Church *et al.* (2009) sugiere que se debe conservar el nivel de ingesta diaria de alimento durante varios días para minimizar la diferencia de producción de excretas por día. Así también manifiesta que hay diferentes factores que pueden afectar el parámetro de la digestibilidad siendo los siguientes: Niveles de consumo, problemas digestivos, deficiencias alimentarias y frecuencia de las raciones, tratamiento al que es sometido los animales, efectos asociados de los alimentos.

A la hora de determinar la digestibilidad, se considera "aparente", porque los gases generados durante el proceso de la digestión como el metano y dióxido de carbono disminuyen parcialmente la energía contenida dentro del alimento. También un porcentaje de los nutrientes que se presenta en las heces tiene origen endógeno como las células de las secreciones gastrointestinales, mucosa intestinal, bacterias muertas y vivas que aparecen en cantidades significativas junto a restos no digeribles del alimento, así mismo grandes cantidades de proteínas en las heces no provienen de los alimentos; así mismo varios carbohidratos en las excretas son polisacáridos de

origen bacteriano. Todo esto hace que el valor de la digestibilidad sea aparente (Cabada, 1971; Pond *et al.*, 2010). Parte de la energía digerida del alimento se pierde en forma de gases y calor. La anatomía y el tipo de alimento del tracto gastrointestinal del animal serán determinantes para la liberación de energía en forma de gases y calor en el sistema digestivo y metabólico del animal (Campos, 2007).

Por otra parte, la digestibilidad verdadera es la digestibilidad aparente menos las sustancias de origen endógeno y metabólico, tales como las sustancias nitrogenadas, los lípidos y los minerales que aparecen mezclados en las excretas (Bondi, 1988; Cheeke, 1995). Asimismo, la digestibilidad aparente de la proteína de un alimento depende del nivel de proteína presente en el alimento, o sea cuanto mayor sea la ingesta de proteína, mayor será la digestibilidad aparente, más la digestibilidad verdadera no se ve afectada, y esta última es más difícil de medir (Pond *et al.*, 2010)

#### **5.1.4. ENERGÍA DIGESTIBLE**

La diferencia de la energía bruta contenida en una unidad de peso de alimento y la energía bruta en las heces resultantes de una unidad de peso de alimento ingerido nos da como resultado la energía digestible aparente de dicho alimento. (McDonald *et al.*, 2002). La bomba calorimétrica es una herramienta que facilita el cálculo de la energía bruta (EB) del alimento, donde el alimento pasa por un proceso de combustión y se oxida completamente, o lo que es lo mismo definir a la energía bruta como la cantidad de energía necesaria para quemar y oxidar totalmente los alimentos y obtener productos finales de la oxidación como CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> (Bernuy, 1999).

Los componentes químicos del pienso, como, los lípidos, los glúcidos y las proteínas, son los que le confieren su contenido energético total. No toda la energía del pienso es utilizada por el animal; parte de la energía se desperdicia en la fracción del pienso que no se digiere. El metano se produce cuando se descompone alrededor del 1% de la energía total consumida. Si además de tener en cuenta la energía perdida en las heces, y en forma de gas metano, se considera la energía perdida en la orina podremos determinar la energía metabolizable (EM). La urea y el ácido úrico son los principales productos que resultan de la excreción en forma de orina y es una pérdida de energía a su vez. Según la cantidad de nitrógeno expulsado en las excretas, la suma de energía perdida en orina en los animales monogástricos oscila entre el 2 y el 6% de la energía total. La energía (EN), que es la energía química necesaria para

mantenimiento y producción animal, puede obtenerse si eliminamos el incremento de calor procedente del metabolismo de los alimentos a la energía metabolizable (Huayhua, 2008).

Gómez y Vergara (1993) argumentan que la necesidad energética depende de una serie de factores, como la actividad del animal, edad, su estado fisiológico, el nivel de producción y la temperatura ambiental. Cuando se cumplen estas necesidades energéticas, el organismo almacena la energía adicional en forma de grasa. Los animales ingieren más pienso cuando se reduce la cantidad de energía de la dieta, de ahí que la cantidad de energía del alimento influencia a la cantidad de pienso ingerido.

Las proteínas, lípidos e hidratos de carbono proporcionan energía. La fuente de energía más esencial son los carbohidratos que se almacenan en forma de almidón y celulosa, siendo esta última un carbohidrato estructural fuente de energía que se digiere por la celulasa de las bacterias del ciego para luego ser absorbida como ácidos grasos volátiles (AGV) (Huayhua, 2008). La Tabla 1 muestra la energía digestible de varios alimentos en cobayas.

**Tabla 1. Valor de la energía digestible (ED) de diferentes alimentos en el cuy**

| <b>Alimentos</b>     | <b>ED (Mcal/kg)</b> | <b>Autor</b>   |
|----------------------|---------------------|----------------|
| Maíz chala           | 1.89                | Saravia (1993) |
| Alfalfa              | 2.56                | Saravia (1993) |
| Afrecho              | 3.08                | Saravia (1993) |
| Subproducto de trigo | 3.22                | Correa (1994)  |
| Cebada de grano      | 3.72                | Correa (1994)  |
| Pasta de algodón     | 1.64                | Correa (1994)  |
| Torta de soya        | 3.58                | Correa (1994)  |
| Heno de alfalfa      | 2.48                | Correa (1994)  |
| Maíz chala           | 2.38                | Correa (1994)  |

**Fuente:** Valerio (2015)

### 5.1.5. MÉTODOS PARA DETERMINAR LA DIGESTIBILIDAD

Según Pond *et al.* (2010) al efectuar las pruebas de digestibilidad *in vivo* es factible elegir el método directo(convencional) o indirecto (por diferencia) se puede utilizar diferentes pruebas para medir el grado de digestibilidad de los alimentos, dichas pruebas tienen por objetivo calcular la proporción de nutrientes de los alimentos o de una dieta que son absorbidos en el aparato digestivo.

#### a. Método directo

Maynard *et al.* (1981) sugiere que se use este método si el alimento que se está evaluando es solo el único componente de la dieta. Puede determinarse de dos formas: por colección total o usando un indicador.

Para este propósito, Crampton y Harris (1974) sugieren llevar a cabo una prueba de digestibilidad de “Colección total de heces” en la que el animal ingiera el mismo tipo de dieta durante al menos 14 días antes de la etapa de colección (en rumiantes), el cual tendrá una duración de al menos siete días, con el fin de eliminar los residuos del alimento anterior a la iniciación de la prueba. durante el periodo de adaptación los animales recibirán el alimento de estudio. Luego se concretará con un periodo de recolecta de heces de cinco días; Es muy importante suministrar la dieta a la misma hora y lo ideal es obtener que el consumo diario no cambie de un día para otro (McDonald *et al.*, 2002).

Dado que los alimentos tardan de 1 a 3 días en viajar por el tubo digestivo de los animales monogástricos y de 5 a 10 días en el caso de los rumiantes, se requiere un periodo de adaptación de 3 a 10 días para limpiar el tracto digestivo de los restos de alimentos consumidos antes de la prueba, así como un periodo de recolecta de heces de 4 a 10 días. La variabilidad entre animales tiende a ser menor que en un ensayo de crecimiento típico. Por lo tanto, comúnmente es necesario de 4 a 6 animales por tratamiento para detectar diferencias entre dietas (Pond *et al.*,2010).

Bondi (1988) recomienda que las heces recogidas provenientes del alimento ingerido deben ser significativas cuantitativamente, y no deben incluirse las heces de la ración anterior al experimento.

## **b. Método indirecto**

Bondi (1988) afirma que si el consumo de alimento, como el pesaje de las heces o ambos, son difíciles de controlar, se debe usar indicadores, es otro método que no mide el consumo de alimento ni las excretas fecales y como materiales inertes de referencia se utilizan la lignina, ferrita de magnesio, óxido crómico y cenizas insolubles en ácido. De la misma manera afirma Maynard *et al.* (1981) que las propiedades ideales de esta sustancia deben ser las siguientes: no digerible, no absorbible, no tener actividad farmacológica y poseer velocidad uniforme a través del tracto gastrointestinal. Midiendo la concentración del indicador en el alimento y en pequeñas muestras en las heces, además conociendo los porcentajes de nutrientes en el alimento y las heces, puede calcularse la digestibilidad a partir de la relación que existe entre estas concentraciones (Bondi, 1988; McDonald *et al.*, 2002).

### **5.1.6. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA DIGESTIBILIDAD**

#### **a. Consumo de alimento**

Huayhua (2008) afirma que la digestibilidad puede verse reducida por una ingesta elevada. La cantidad de alimentos consumidos determina la rapidez con la que recorre el alimento por el aparato digestivo, lo que acorta el tiempo óptimo para los procesos digestivos, enzimáticos y de absorción.

Morrison (1980) menciona que, en términos de índices de consumo, se ha demostrado prácticamente que el animal digiere una mayor proporción de alimento cuando se le asigna una dieta limitada que cuando se le da una ración completa que contiene una gran cantidad de alimento concentrado. Así mismo los animales tienden a digerir el alimento y utilizar los nutrientes de manera más eficiente cuando el consumo de alimento está por debajo de los niveles de mantenimiento (Maynard *et al.*, 1981).

#### **b. Niveles de inclusión**

Arenaza (1996) Afirma que los alimentos poco apetecibles reducen la ingesta de alimento y por ende proporcionan valores más bajos de energía metabolizable aparente así también declara que las cantidades de ingredientes y sus cualidades organolépticas también influyen en la digestibilidad.

### **c. Composición de la dieta**

Maynard *et al.* (1981) menciona que el estado de madurez que se encuentra la planta en el instante de la cosecha es el factor más importante que determina la composición del forraje, debido que la pared celular se desarrolla más a medida que las plantas maduran, hasta el punto que el contenido celular disminuye y el forraje se vuelve menos digerible, de esta manera concluye que la composición química del forraje afecta a la digestibilidad.

Arenaza (1996) menciona que la fibra cruda es uno de los constituyentes de la dieta que tiene el mayor efecto sobre la digestibilidad, y los altos niveles de fibra cruda puede disminuir la digestibilidad de otros nutrientes que constituyen a la dieta. Asimismo, menciona que la inclusión de la fibra en la dieta reduce la digestibilidad de la energía de los alimentos. Referente a esto, Cheeke (1995) percibió que, con el incremento de la fibra, las células intestinales (N endógeno) son desprendidas en mayor cantidad en la mayoría de las especies, debido a que la fibra tiene un efecto abrasivo, haciendo reducir la digestibilidad aparente de las proteínas en casi todas las especies; sin embargo, los conejos y cobayos no se ven afectados, ya que regulan la ingestión de proteínas por la cecotrofia. Morrison (1980) por otra parte, enfatiza que los alimentos bajos en fibra como el trigo o el maíz son altamente digeribles porque la pared celular es delgada y los jugos digestivos y las enzimas los penetran fácilmente, pero si el contenido de fibra del alimento es mayor, más resistente será la pared de la celulosa al efecto enzimático, reduciendo la capacidad de digerir los nutrientes como el extracto etéreo, proteínas y lípidos. De la misma manera Alvarado (1975) argumenta que, la capacidad de digestión de los demás nutrientes se ve disminuida por la fibra bruta, principalmente porque no tiene tiempo para fermentarse por completo. Cantidades considerables de almidón y proteína son fácilmente digeribles, pero no se digieren totalmente porque están recubiertos de celulosa.

Morrison (1980) afirma que la disminución de los niveles de proteína con respecto a los hidratos de carbono de digestión fácil altera la actividad bacteriana relacionada con la digestión, ya que estos microorganismos priorizan degradar el almidón y los azúcares que a los demás nutrientes, aclarando que resulta ineficazmente las dietas bajas en proteína. Del mismo modo García (2009) sostiene que la digestión insuficiente de ciertos compuestos fácilmente digeribles podría dar lugar a heces profusas y es causado por que no se digiere completamente la celulosa.

Morrison (1980) sostiene que por lo general el “extracto libre de nitrógeno” (ELN) es moderadamente más digerible que los lípidos y proteínas, y más digerible que la celulosa. El almidón que constituye en casi su totalidad del ELN de los granos de cereales y la mayoría de todas las semillas es fácilmente digerible.

#### **d. Preparación de la dieta**

Maynard *et al.* (1981) recomienda que, por lo general, los alimentos se deben desmenuzar, triturar o picar antes de suministrar, es preferible darles alimento triturada o molida que finamente molida, ya que esto reduce la digestibilidad por su característica pulverulenta y su paso por el tubo digestivo más rápidamente. Campos (2007) De manera similar, agrega lo siguiente: dado que los animales monogástricos mastican su alimento durante menos tiempo gracias a la reducción del tamaño de las partículas a partir de la trituración y molienda, se facilita la digestión y la absorción del pienso por su baja tasa de pasaje por el tracto digestivo. Correa (1994) de la misma manera ratifica que la definición para mejorar la digestibilidad es a través de la reducción de tamaño de las partículas ya que esto ocasionara una menor tasa de pasaje por el tracto digestivo.

Para Campos (2007) existen otros métodos utilizados en el proceso que aumenta la digestibilidad, entre los cuales el térmico es uno de los más seguros y eficaz, debido que, al modificarse la estructura física de los alimentos, en especial la de las semillas de leguminosas, al reducir e inactivar los elementos anti nutricionales, se consigue aumentar las biodisponibilidad de los alimentos tanto de la energía y la proteína. Asimismo, Maynard *et al.*(1981) agrega que el volumen reduce la ingesta de NDT(nutrientes digestibles totales), lo que reduce la digestibilidad. Así como también este autor añade que no aumenta la digestibilidad la molienda de alimentos en aquellos animales que mastican completamente su alimento, pero si ayuda la molienda en animales que recién están desarrollando su dentadura y en animales con dentadura mala. del mismo modo el efecto que produzca la molienda sobre la ingesta voluntaria y la digestión dependerá de la medida en que altere el tiempo de retención y la velocidad a la que se descompone en el aparato digestivo.

#### **e. Factor animal**

Bondi (1988) afirma que la eficiencia digestiva de un mismo nutriente varía entre las diferentes especies animales. Esta desigualdad es mayor entre no rumiantes y

rumiantes debido a las diferencias en sus sistemas digestivos, capacidades fisiológicas y utilización de los alimentos. Dado que los rumiantes presentan diferencias anatómicas y funcionales con respecto a los porcinos y las aves de corral que les permiten utilizar más eficazmente los alimentos fibrosos, por lo que conviene calcular el coeficiente digestibilidad de los alimentos por especie.

Maynard *et al.* (1981) experimentaron una comparación de la digestibilidad en humanos, ratas, conejos, cerdos y ovejas alimentados con la misma dieta alta en calorías y menor en fibra; los humanos y los cerdos en esta investigación digirieron la mayor parte de los nutrientes y mejor que cualquier otra especie en estudio. Esto denota que la baja cantidad de fibra hace que no exista ventajas evidentes para la digestión bacteriana del rumen en las ovejas frente a la digestión enzimática en los no rumiantes. García (2009) también señala que los herbívoros no rumiantes difieren de los rumiantes en que pueden digerir almidones y azúcares antes de pasar por la microflora del ciego. Tras ser liberados por los microorganismos cecales, los nutrientes hidrocarbonados pueden transformarse principalmente en ácidos grasos volátiles en el ciego, de forma muy similar a lo que ocurre en el rumen.

Para Moreno (1989) los cuyes debido a su fisiología digestiva, poseen una digestión enzimática que ocurre en el estómago y luego una bacteriana que es procesada por microorganismos en el ciego y el colon, esta especie digiere más eficientemente las proteínas de los alimentos energéticos y proteicos que los rumiantes. Pero es menos efectivo en alimentos fibrosos (forraje) a diferencia de los rumiantes.

El buen aprovechamiento de la fibra por los cuyes se debe principalmente a la digestión microbiana en el colon y ciego, que produce ácidos grasos volátiles que satisfacen en gran medida los requerimientos energéticos (Esquerre *et al.*, 1974).

Respecto a los rumiantes la digestibilidad depende en mayor o menor medida de la cantidad de alimento ingerido; en cuanto en monogástricos, la cantidad de alimento ingerido prácticamente no tiene efecto sobre la digestibilidad de los alimentos (Flores y Rodríguez, 2005).

#### **f. Actividad cecotrófica**

Para Hidalgo *et al.* (1995) es un proceso digestivo poco conocido y estudiado la cecotrofia. Se sabe que los cobayos pueden reutilizar proteínas procedentes de

microorganismos del ciego y nitrógeno proteico y no proteico no digeridos procedentes del intestino delgado. Para Cheeke (1995) la cecotrofía puede alterar el grado de digestibilidad de la fibra ya que es un mecanismo de excreción selectiva, y parte de la fibra puede permanecer en el ciego durante un tiempo antes de ser expulsada.

#### **g. Materia fecal metabólica**

Según Bondi (1988) las heces metabolizadas que derivan principalmente de las bacterias y de la mucosa intestinal, hacen que la digestibilidad aparente de las proteínas y las grasas siempre sea inferior a la digestibilidad real. Así como también señala McDonald *et al.* (2002) que una fracción de las heces es formada por enzimas y otros compuestos segregados en los intestinos que no son reabsorbidos, como los restos celulares de la mucosa intestinal; y también este autor señala que el nitrógeno metabólico fecal se refiere al nitrógeno que procede del organismo y no de los alimentos.

#### **5.1.7. AFRECHO DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.)**

Desde el punto de vista de Cañas (1998) los subproductos de trigo como salvado o afrecho, el afrechillo, y los moyuelos, se obtienen durante la producción de la harina de trigo para uso humano y se venden con el nombre de "subproductos del trigo", estos subproductos, que antes se vendían por separado, ahora se utilizan para la alimentación del ganado. De la misma manera, Cuadrado (2008) declara que los granos de trigo se procesan para conseguir harina de panificación usando sistemas de fricción y tamizado de granos enteros, de modo que los diversos subproductos resultantes son esencialmente iguales en estructura celular y que divergen en tamaño, estos subproductos son más ricos que los granos en fibra, minerales y proteínas.

De acuerdo con Chauca (1997) indica que los subproductos de trigo (SPT) son cascarillas de trigo trituradas y están conformados por el pericarpio y un bajo porcentaje de la capa externa del albumen del grano y estos SPT son utilizadas como alimento para animales. Por otra parte, según Suárez (2002) el afrecho está constituido en su mayor parte por la capa externa (tegumentos) del grano de trigo, que tiene un contenido promedio de fibra del 14%. El afrecho se compone de fracciones grandes del tegumento o cáscara externa del grano, mientras que el afrechillo y el moyuelo se componen de fracciones más pequeños de salvado y partículas más pequeños de las capas internas del grano. Al igual que el salvado, el

afrechillo y el moyuelo tienen partículas de la cáscara exterior. Tanto el afrechillo como el moyuelo tienen un contenido promedio en fibra de alrededor del 9,5% y 7% respectivamente. En tanto que Suárez (2002) estima que un promedio de 20-22% del peso del trigo molido se produce como SPT. Y de la misma manera Huayhua (2008) estima que alrededor del 18% del volumen de molienda es SPT con una distribución aproximada de sus componentes que son las siguientes: 48% de salvado, 33% de afrecho, 15% de moyuelos y 4% de harina.

#### **a. Características nutritivas del afrecho de trigo**

La composición química de estos subproductos varía considerablemente según el tipo y la variedad de trigo utilizado (el trigo duro tiene un mayor contenido en proteínas), las condiciones de cultivo (temperatura, abono), el grado de madurez del grano y principalmente, la técnica de extracción de la harina, que regula el porcentaje de la extracción de la harina, que en consecuencia determinara la cantidad de almidón que queda en el salvado. La concentración de almidón varia de 15% a 30%, según la técnica de fabricación, mientras que la concentración de fibra bruta se reduce de 11% a 8% de fibra bruta, en tanto que el contenido de proteína se mantiene bastante constante de 14 a 15%. (Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal [FEDNA], 2019).

**Tabla 2. Composición química del afrecho de trigo (15% almidón)**

| <b>Composición química</b> | <b>Cantidad (%)</b> |
|----------------------------|---------------------|
| Humedad                    | 12.6                |
| Cenizas                    | 5.4                 |
| PC                         | 15.4                |
| EE                         | 3.3                 |
| FC                         | 11.1                |
| FND                        | 40.3                |
| FAD                        | 13.4                |
| LAD                        | 3.6                 |

**Fuente:** FEDNA (2019)

**Leyenda:** PC: proteína cruda; EE: extracto etéreo; FC: fibra cruda  
FND: fibra neutra detergente; FAD: fibra ácida detergente; LAD: Lignina ácida detergente.

**Tabla 3. Análisis proximal del afrecho de trigo en base seca (%)**

| Nutrientes | Cuadrado(2008) | Correa (1994) | Huayhua (2008) |
|------------|----------------|---------------|----------------|
| Proteína   | 12.1           | 17.17         | 16.45          |
| Grasa      | 5.0            | 3.86          | 4.17           |
| Fibra      | 14.40          | 9.59          | 6.97           |
| Ceniza     | 6.5            | 4.35          | 5.34           |
| ELN        | 53.1           | 65.02         | 67.07          |

**Leyenda:** ELN: extracto libre de nitrógeno

**b. Valor energético en otras especies**

**Tabla 4. Valor energético del afrecho de trigo**

| Especies                 | Componente | Afrecho de trigo (kcal/kg MS) |
|--------------------------|------------|-------------------------------|
| Conejos                  | ED         | 2350                          |
| Caballos                 | ED         | 2150                          |
| Porcinos                 | ED         | 2230                          |
| Aves (broiler/ponedoras) | ED         | 1640                          |

**Fuente:** FEDNA (2019)

**Leyenda:** ED: energía digestible; kcal/kg: kilocaloría por kilogramo de materia seca

**c. Valor proteico del afrecho de trigo en otras especies**

**Tabla 5. Valor proteico del afrecho de trigo**

| Especies                 | Componente | Coefficiente de digestibilidad (%) |
|--------------------------|------------|------------------------------------|
| Conejos                  | PD         | 69                                 |
| Caballos                 | PD         | 76                                 |
| Porcinos                 | PD         | 71                                 |
| Aves (broiler/ponedoras) | PD         | 78                                 |

**Fuente:** FEDNA (2019)

**Leyenda:** PD: proteína digestible

**d. Utilización del afrecho de trigo en la alimentación animal**

Cada especie animal digiere los mismos alimentos con un nivel variable de eficiencia, se debe en cuanto al tipo de tubo digestivo, la capacidad digestiva y el consumo de alimento, de los rumiantes y los no rumiantes estos últimos varían más. Conviene evaluar la digestibilidad de los alimentos para cada especie, ya que las peculiaridades anatómicas y funcionales de los rumiantes les permiten utilizar la fibra con mayor eficacia que los animales como los cerdos y las aves de corral (Bondi, 1988).

#### **5.1.8. FREJOL DE PALO (*Cajanus cajan* L.)**

Según Cedano (2006) es una planta de crecimiento tanto determinado o indeterminado, leguminosa arbustiva perenne, hojas alternas trifoliadas dispuestas en espiral a lo largo del tallo, generalmente de 1 a 4 metros de altura, hojas de color amarillo verdoso a verde violáceo, y durante la temporada no productiva, son árboles leñosos que crecen en una variedad de suelos pobres, desde playas hasta arcillas y materiales metamórficos hasta terrenos bien drenados. Según el punto de vista de Oriden (1995) sugiere que puede producirse en Perú en cualquier lugar entre el nivel del mar y los 2,500 m de altitud.

##### **a. Descripción del fréjol de palo**

Valladolid (2016) menciona que en otros lugares es conocido como gandul, lenteja de palo, quinchoncho, pigeon pea y pushpo.

Cedano (2006) describe al fruto como legumbre o vaina que contiene de dos a nueve semillas y es lineal-oblonga, con extremos puntiagudos o en forma de obtusa, también tiene dos valvas más o menos comprimidos para crear tabiques entre las semillas y unas pequeñas depresiones. Las raíces generan nódulos que se asemejan a los del cawpí o anconi del género *Rhizobium* y cuyo tamaño oscila entre 0.2 y 2 cm y también define a las semillas como reniformes o esféricas que pueden ser blancas, marrones, rojas o grises.

Según Wu *et al.* (2009) son una excelente fuente de proteína las semillas y se comen como verdura y según Oriden (1995) los rendimientos oscilan entre 1 244 y 1 662 ton/a y el peso de 1 000 granos esta entre 80.7 y 91.3 g.

**b. Composición nutricional de la semilla de fréjol de palo.**

**Tabla 6. Composición nutricional del fréjol de palo y la soya.**

| Descripción      | Contenido en 100 g de parte comestible |                |
|------------------|----------------------------------------|----------------|
|                  | Soya                                   | Frejol de palo |
| Calorías, cal    | 422                                    | 336            |
| Humedad, g       | 9.5                                    | 14             |
| Proteína, g      | 31                                     | 19.5           |
| Grasa, g         | 16.1                                   | 1.4            |
| Carbohidratos, g | 38.1                                   | 61.4           |
| Cenizas, mg      | 5.2                                    | 3.7            |
| Calcio, mg       | 210                                    | 100            |
| Fósforo, mg      | 500                                    | 400            |
| Hierro, mg       | 8.9                                    | 5.2            |
| Vitaminas A, UI  | 40                                     | 90             |
| Tiamina, mg      | 0.77                                   | 0.61           |
| Rivoflabina, mg  | 0.15                                   | 0.10           |
| Niacina, mg      | 2.2                                    | 2              |
| Ácido ascórbico  | 9                                      | 4              |

**Fuente:** Navarro *et al.* (2014)

**Leyenda:** PD: proteína digestible; cal: calorías; g: gramos; mg: miligramos

El gandul posee proteínas ricas en aminoácidos azufrados como la cisteína y la metionina, pero suelen ser bajos en otros aminoácidos como la lisina, la valina, la treonina y la fenilalanina (Navarro *et al.* 2014).

Teniendo en cuenta a Chihuan (2021) afirma que, las semillas del gandul están compuestos por sustancias anti nutricionales que poseen la función de proteger de la depredación de animales y el ataque de insectos, así como también del impacto de microorganismos como bacterias, virus y hongos. Los principales factores antinutricionales (FAN) del frijol de palo son los “inhibidores de proteasa” (tripsina y quimio tripsina), de amilasa y lipasa, así mismo tiene a los “polifenoles” como taninos, lecitinas, ácido fítico y galactosidos; algunos de estos FAN principalmente los inhibidores de proteasa son termolábiles.

Según Bruno (1990) algunas semillas de las leguminosas son termolábiles que tras exponerlo al tratamiento térmico desaparecen los componentes de los FAN y otras son termoestables que por lavado o cocción desaparecen los efectos antinutricionales.

Los tratamientos a los que se puede someter el fréjol de palo para eliminar los factores antinutricionales según varias investigaciones son: La FAO (1985) y Ruiz (1997)

manifiestan que el tostado a temperaturas superiores a 100 °C del grano es uno de los tratamientos tradicionales al frijol de palo, sin embargo, Chuman (1993) señala que para elaborar conservas el tostado debe ser a 16 °C por 32 min ; de igual manera, Ruiz (1997) indica que se debe procesar por medio de la autoclave a 125 kg/cm<sup>2</sup>, a 121°C por 15 min . De acuerdo a Carmona *et al.* (1993) indican que el remojo, la cocción, el tostado, la germinación, el uso de la autoclave son los procesos más frecuentes usados para reducir los FANs y que han demostrado sus efectos sobre los factores anti nutricionales de leguminosas, básicamente porque son metabolitos termolábiles. Desde el punto vista de Gurumoorthi *et al.* (2008) la hidratación o remojo ocasiona la solubilidad de las sustancias que componen el frijol de palo, de esta manera exponiendo a los metabolitos secundarios. Entre tanto, Admassu y Kumar (2007) afirman que la hidratación con agua destilada en frijoles rojos hizo disminuir las cantidades de ácido fítico, taninos, saponinas e inhibidores de tripsina. Teniendo en cuenta a Khokar y Chanhani (1986) la cocción inhibe y reduce a niveles inofensivos los factores anti nutricionales de origen proteico como saponinas, lecitinas e inhibidores de tripsina, la cocción aumenta la eficiencia en la digestibilidad de las proteínas, pero al mismo tiempo reduce la calidad proteica debido a la merma de ciertos aminoácidos esenciales.

### **c. Utilización del frejol de palo**

A nivel regional es considerado como un sustituto de la alimentación animal y suplemento nutricional que ayuda a los productores a reducir sus costos económicamente por su alto contenido proteico en hojas y granos, y puede sustituir algunos componentes del alimento balanceado como la proteína (Castillo *et al.*, 2016).

## **5.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

Castro y Nava (2021) realizaron un estudio denominado “Uso de harina de gandul en la alimentación de cuyes de engorde” cuyo objetivo fue evaluar el efecto de la inclusión de harina de gandul en la dieta de cuyes de engorde sobre el consumo de alimento, ganancia de peso y la conversión alimenticia en Milagro, provincia de Guayas, Ecuador. Se prepararon cuatro dietas experimentales, las cuales fueron elaboradas con 0, 5, 10 y 15% de harina de gandul. Para el estudio se utilizaron 100 cuyes machos, de la raza criollo, destetados, con edades y pesos similares con un peso promedio de 300 g, distribuidos individualmente en jaulas. El alimento y el agua se

suministro de forma *ad libitum* durante ocho semanas. Asimismo, dos veces por día se realizó la suministración de forraje con la finalidad de complementar el programa de alimentación. Las variables respuesta fueron: mortalidad, engorde sobre el consumo de alimento, ganancia de peso, y conversión alimenticia. No se presentó mortalidad en los cuyes. En los resultados obtenidos no hubo diferencias estadísticas ( $P>0.05$ ) en relación a las variables estudiadas. A partir de los resultados se concluye que la utilización del 15% de harina de gandul no influye en los parámetros productivos en la etapa de engorde, con una respuesta favorable en ganancia de peso, engorde sobre el consumo de alimento y conversión alimenticia. La harina de gandul se puede utilizar en la alimentación de cuyes, como sustitución de harina de soya.

Hidalgo y Valerio (2020) realizaron un estudio denominado “Digestibilidad y energía digestible y metabolizable del gluten de maíz, hominy feed y subproducto de trigo en cuyes (*Cavia porcellus*)” cuyo objetivo del estudio fue determinar la digestibilidad de la MS, la ED y EM del subproducto de trigo, germen de maíz y hominy feed por medio de un ensayo de digestibilidad *in vivo* en cuyes, realizando la colección de heces y orina. Para el estudio utilizaron 15 cuyes machos mejorados, 3 cuyes por cada tratamiento, asimismo, utilizaron tres dietas para la alimentación: T1= dieta basal (100% de subproducto de trigo, vitamina C protegida y agua), T2= mezcla I (70% de germen de maíz y 30% de dieta basal) y T3= mezcla II (70% de hominy feed y 30% de dieta basal). Se determinaron los valores nutricionales de las dietas. La digestibilidad del germen de maíz, hominy feed y subproducto de trigo fueron: 79%, 81.2% y 65.3%, respectivamente, mientras que la ED fue: 4 189; 4 372 y 2 801 (kcal/kg MS), respectivamente y la EM fue: 3 910; 4 351 y 2 705 (kcal/kg MS), respectivamente.

Cuadrado (2008) realizó un estudio titulado “Valoración energética de polvillo de arroz y afrecho de trigo utilizado en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus*)” cuyo objetivo fue determinar la valoración energética del polvillo de arroz y afrecho de trigo utilizados en la alimentación de cuyes, mediante ensayos de digestibilidad *in vivo*. Los tratamientos evaluados fueron: Afrecho de trigo fino, medio y grueso y polvillo de arroz fino, medio y grueso, se distribuyeron bajo un diseño completamente al azar (DCA), con seis repeticiones por tratamiento. De los resultados obtenidos, la composición química de los alimentos evaluados en g/kg tal como ofrecido para: materia seca (MS) 925.50 + 13.53, materia orgánica (MO) 846.13 + 28.77, proteína cruda (PC) 114.73 + 24.09, extracto etéreo (EE) 52.44 + 17.38, fibra cruda (FC) 110.8 + 47.6 y extracto libre de nitrógeno (ELN) 567.28 + 44.48. Los coeficientes de digestibilidad de MS

92.58 %, MO 92.63 %, PC 88.06 % y ELN 87.95% los cuales corresponden al polvillo de arroz fino, para la fibra cruda el valor más alto fue el afrecho de trigo grueso 99.18%. Se estableció el contenido de nutrientes digestibles en tal como ofrecido, para el afrecho de trigo fino: 65.62%, afrecho de trigo medio: 60.39%, afrecho de trigo grueso: 55.25%, polvillo de arroz fino: 84.83%, polvillo de arroz medio: 63.09%, polvillo de arroz grueso: 48.61% y la ED para el afrecho de trigo fino: 2,781.35, afrecho de trigo medio: 2,660.77, afrecho de trigo grueso: 2 396.98, polvillo de arroz fino: 3 717.15, polvillo de arroz medio: 2 557.35 y polvillo de arroz grueso: 2,125.01 en kcal/Kg tal como ofrecido. Registrándose diferencias estadísticamente altamente significativas ( $P < 0.01$ ) entre tratamientos.

Villacorta (2024) realizó un estudio titulado “Digestibilidad de la torta de soya (*Glycine max*) y grano de maíz (*Zea mayz*) en cuyes (*Cavia porcellus L.*)” cuyo objetivo fue determinar la digestibilidad de la torta de soya y del Maíz Amarillo, materias primas que se usan frecuentemente en la formulación de dietas balanceados para animales. Se utilizaron 28 cuyes entre machos y hembras, con un peso vivo promedio de 750 g, con una edad de siete semanas y peso vivo de 750 g respectivamente; estos animales se distribuyeron en dos grupos de 14 cuyes para evaluar cada materia prima, Para la preparación de las dietas se consideró el procedimiento del método de sustitución del ingrediente de prueba en la dieta basal, preparándose así una dieta basal propia para la evaluación de cada materia prima, y una dieta en donde se sustituye un porcentaje de la dieta basal por la materia prima a evaluar, en el caso de la torta de soya y el maíz amarillo se sustituyó un 35 y 40%, respectivamente. La digestibilidad fue estimada mediante el método de sustitución y la colección de heces. Alcanzando los siguientes resultados: los coeficientes de digestibilidad para la torta de soya fueron: 96.07% MS, 95.29% MO, 92.47% PC y 4 056.38 kcal/kg de ED; y para el Maíz Amarillo los coeficientes de digestibilidad fueron: 89.67% MS, 92.51% MO, 70.49% PC y 3 677.19 kcal/kg ED.

## **VI. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **6.1. LUGAR DE EJECUCIÓN**

El trabajo se desarrolló en las instalaciones del Bioterio de la Escuela Profesional de Zootecnia de la Facultad de Agronomía y Zootecnia de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, San Jerónimo, Cusco, Perú. A una altitud de 3 238 msnm.

### **6.2. INSTALACIONES Y EQUIPOS**

#### **6.2.1. DEL BIOTERIO**

El bioterio tiene: 6.02 m de largo, 4.54 m de ancho y 3.45 m de alto con un área total de 27.33 m<sup>2</sup>, cuenta con dos baterías de jaulas metabólicas fabricadas con piezas separadas de chapa galvanizada cada batería consta de 14 jaulas individuales bien estructuradas, donde hay un control automático de temperatura que oscila entre 18 - 20 °C, la humedad relativa 55 a 60% y la ventilación cuenta con sistema automatizado.



**Figura 1. Bioterio de nutrición animal de la Escuela Profesional de Zootecnia**

### **6.3. MATERIALES Y EQUIPOS**

#### **6.3.1. DE EQUIPOS Y MATERIALES DE CAMPO**

- Se utilizaron 28 jaulas individuales de acero inoxidable, cada una, tiene un área de 0.102 m<sup>2</sup>, 0.40 m de largo, 0.255 m de ancho y 0.255 m de alto, con una puerta superior. Cada jaula posee un comedero de metal, bebedero tipo chupón, piso de malla con orificios para que fluya la orina y se retengan los excrementos para facilitar su colección.
- Bolsas de plástico (30 cm de largo y 19 cm de ancho)
- Balanza electrónica con precisión de: (30kg/1g y 15kg/1g)
- Congeladora de -20 °C
- Fichas de registro
- Refrigeradora Samsung Digital Inverter (5 °C y -17 °C)
- Molino eléctrico de laboratorio

#### **6.3.2. DE EQUIPOS Y MATERIALES DE LABORATORIO**

- Mandil, gorra, barbijo y guantes quirúrgicos
- Muestras de materias primas, dietas y heces molidas
- Cisoles y envases de aluminio
- Pinzas de crisol de hierro cromado
- Desecador de vidrio con tapa, con borde de vidrio esmerilado
- Alcohol y papel toalla
- Estufa Elos Heat con circulación natural, acero inoxidable con rango de temperatura de 10 °C sobre temperatura ambiente a 220 °C
- Mufla Linn high therm VMK hasta 1 200 °C
- Balanza analítica Pioneer, LCD, de 210 x 0.0001g

## 6.4. MATERIAL BIOLÓGICO

### 6.4.1. CUYES

Se utilizaron 28 cuyes para el presente estudio entre hembras y machos procedentes de la unidad de producción de cuyes de la granja K'ayra con un peso promedio de  $751 \pm 0.139$  g en etapa de crecimiento. Los cuyes experimentales fueron asignados al azar en las jaulas individuales de digestibilidad y las dietas en estudio fueron distribuidos al azar sistemático en cuatro tratamientos, asignándose siete cuyes por cada tratamiento, como se señala en la Tabla 7.

**Tabla 7. Distribución de tratamientos**

| Tratamientos                                                  | N° de animales |
|---------------------------------------------------------------|----------------|
| Dieta basal 1 (Dbasal 1)                                      | 7              |
| Dieta afrecho de trigo (Dbasal 1 + 45% at)                    | 7              |
| Dieta basal 2 (Dbasal 2)                                      | 7              |
| Dieta harina del grano del frejol de palo (Dbasal 2 + 30% fp) | 7              |

**Leyenda:** at: afrecho de trigo, fp: harina de frejol de palo

## 6.5. MATERIAS PRIMAS EVALUADAS

En el trabajo experimental se evaluó dos materias primas, el afrecho de trigo y la harina del grano de frejol de palo.

### 6.5.1. PROCEDENCIA DE LAS MATERIAS PRIMAS

El afrecho de trigo y aditivos que se usaron en la preparación de las dietas se obtuvieron en el mercado local de alimentos para animales de granja (mercado vinocanchon- San Jerónimo) y, asimismo el grano del frejol de palo tuvo procedencia de la provincia de La Convención - Cusco.

## 6.6. DIETAS EXPERIMENTALES

**Tabla 8. Ingredientes de la dieta basal y la dieta afrecho de trigo para evaluar el afrecho de trigo.**

|                |  | <b>Dieta basal 1</b>    | <b>%</b>      | <b>Dieta afrecho de trigo</b> | <b>%</b>      |
|----------------|--|-------------------------|---------------|-------------------------------|---------------|
| <b>Mezclas</b> |  | Mezcla basal            | 96.50         | Mezcla basal                  | 51.50         |
|                |  | Mezcla corrector        | 3.50          | Mezcla corrector              | 3.50          |
|                |  |                         |               | Afrecho de trigo              | 45.00         |
|                |  | <b>Total</b>            | <b>100.00</b> | <b>Total</b>                  | <b>100.00</b> |
|                |  | <b>Mezcla basal</b>     | <b>%</b>      | <b>Kg</b>                     | <b>Kg</b>     |
|                |  | Torta de Soya 46        | 31.09         | 3.000                         | 1.601         |
|                |  | Harina de alfalfa       | 41.46         | 4.000                         | 2.135         |
|                |  | Afrecho de cebada       | 23.75         | 2.292                         | 1.223         |
|                |  | Aceite de soja          | 3.11          | 0.300                         | 0.160         |
|                |  | Melaza de caña          | 0.60          | 0.058                         | 0.031         |
|                |  | <b>Total</b>            | <b>100.00</b> | <b>9.650</b>                  | <b>5.150</b>  |
|                |  | <b>Mezcla corrector</b> | <b>%</b>      | <b>Kg</b>                     | <b>Kg</b>     |
|                |  | Fosfato Bicálcico ANH   | 75.71         | 0.265                         | 0.265         |
|                |  | Cloruro sódico          | 6.29          | 0.022                         | 0.022         |
|                |  | Bicarbonato sódico      | 3.71          | 0.013                         | 0.013         |
|                |  | Corrector Oligo-Vita    | 14.29         | 0.050                         | 0.050         |
|                |  | <b>Total</b>            | <b>100.00</b> | <b>0.350</b>                  | <b>0.350</b>  |
|                |  | Afrecho de trigo        |               | 0.00                          | 4.500         |
|                |  | <b>Total dieta (Kg)</b> |               | <b>10.00</b>                  | <b>10.00</b>  |

**Leyenda:** Dbasal 1: dieta basal 1; Dbasal 1 + 45% at: dieta afrecho de trigo; at: afrecho de trigo

**Tabla 9. Ingredientes de la dieta basal 2 y la dieta harina del grano del frejol de palo para evaluar la harina del grano de frejol de palo.**

|                |  | <b>Dieta basal 2</b>    |               | <b>Dieta harina del grano del frejol de palo</b> |               |
|----------------|--|-------------------------|---------------|--------------------------------------------------|---------------|
|                |  |                         | <b>%</b>      |                                                  | <b>%</b>      |
| <b>Mezclas</b> |  | Mezcla basal            | 96.50         | Mezcla basal                                     | 66.50         |
|                |  | Mezcla corrector        | 3.50          | Mezcla corrector                                 | 3.50          |
|                |  |                         |               | Harina del grano del frejol de palo              | 30.00         |
|                |  | <b>Total</b>            | <b>100.00</b> | <b>Total</b>                                     | <b>100.00</b> |
|                |  | <b>Mezcla basal</b>     | <b>%</b>      | <b>Kg</b>                                        | <b>Kg</b>     |
|                |  | Maíz amarillo           | 9.60          | 0.926                                            | 0.638         |
|                |  | Harina de cebada        | 36.30         | 3.503                                            | 2.414         |
|                |  | Afrecho de trigo        | 15.60         | 1.505                                            | 1.037         |
|                |  | Afrecho de cebada       | 16.00         | 1.544                                            | 1.064         |
|                |  | Harina de alfalfa       | 21.40         | 2.065                                            | 1.423         |
|                |  | Melaza de caña          | 0.73          | 0.070                                            | 0.049         |
|                |  | L-Lisina HCL            | 0.13          | 0.013                                            | 0.009         |
|                |  | L-Arginina              | 0.24          | 0.023                                            | 0.016         |
|                |  | <b>Suma</b>             | <b>100.00</b> | <b>9.650</b>                                     | <b>6.650</b>  |
|                |  | <b>Mezcla corrector</b> | <b>%</b>      | <b>Kg</b>                                        | <b>Kg</b>     |
|                |  | Fosfato Bicálcico Anh   | 74.29         | 0.260                                            | 0.260         |
|                |  | Cloruro sódico          | 5.71          | 0.020                                            | 0.020         |
|                |  | Bicarbonato sódico      | 5.71          | 0.020                                            | 0.020         |
|                |  | Corrector Oligo-Vita    | 14.29         | 0.050                                            | 0.050         |
|                |  | <b>Suma</b>             | <b>100.00</b> | <b>0.350</b>                                     | <b>0.350</b>  |
|                |  | Frejol de palo          |               | 0.00                                             | 3.000         |
|                |  | <b>Total dieta (Kg)</b> |               | <b>10.00</b>                                     | <b>10.00</b>  |

**Leyenda:** Dbasal 2: dieta basal 2; Dbasal 2 + 30% fp: dieta harina del grano del frejol de palo; fp: harina del grano del frejol de palo

### 6.6.1. PREPARACIÓN Y MEZCLA DEL ALIMENTO

Los granos de frejol de palo fueron tostados a 100 °C por 15 min (FAO, 1985 y Ruiz, 1997) previos a su molienda, mientras que el afrecho de trigo se utilizó sin ningún tratamiento previo.

Se prepararon 10 kg de alimento en pellets por cada tratamiento. De igual manera, la mezcla de los insumos se realizó de forma manual por separado con el fin de evitar contaminación de cada una de las dietas experimentales.

### 6.6.2. PROCESO DE PELETIZACIÓN DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES

En la unidad de alimentación animal del centro agronómico K'ayra, en una peletizadora mecánica de dos rodillos se realizó el proceso de peletización de cada una de las dietas con gránulos de 0.75 x 0.25 cm, verificando constantemente el tamaño y dureza de los pellets.

**Tabla 10. Composición química de las dietas experimentales.**

| Nutrientes     | Dietas experimentales |                   |          |                  |
|----------------|-----------------------|-------------------|----------|------------------|
|                | Dbasal 1              | Dbasal 1 + 45% at | Dbasal 2 | Dbasal 2+ 30% fp |
| MS, %          | 89.51                 | 88.36             | 85.72    | 87.86            |
| PC, %          | 25.12                 | 22.14             | 12.18    | 16.77            |
| EE, %          | 6.40                  | 4.70              | 6.72     | 5.10             |
| CE, %          | 9.94                  | 9.61              | 7.56     | 7.72             |
| FC, %          | 28.50                 | 29.20             | 30.40    | 27.40            |
| ELN, %         | 30.04                 | 34.35             | 43.14    | 43.01            |
| EB, kcal/kg MS | 4 405                 | 4 391             | 4 194    | 4 199            |

**Leyenda:** MS: materia seca; PC: proteína cruda; EE: extracto etéreo; CE: ceniza; FC: fibra cruda; ELN: extracto libre de nitrógeno; EB: energía bruta; Dbasal 1: dieta basal 1; Dbasal 1 + 45% at: dieta afrecho de trigo; Dbasal 2: dieta basal 2; Dbasal 2 + 30% fp: dieta harina del grano del frejol de palo; at: afrecho de trigo; fp: harina del grano del frejol de palo.

## **6.7. MÉTODOS**

### **6.7.1. DIGESTIBILIDAD**

La estimación de la digestibilidad se realizó por medio del método de digestibilidad *in vivo*, la duración del estudio fue de 15 días divididas en dos etapas: etapa de adaptación que tuvo una duración de 10 días y etapa experimental que duró cinco días.

### **6.7.2. ETAPA DE ADAPTACIÓN**

En esta fase inicial, los cuyes experimentales se acostumbraron a las jaulas individuales, al manejo, al entorno y a la alimentación. En los dos primeros días, el alimento de las cuatro dietas: dieta basal 1 ( Dbasal 1), dieta afrecho de trigo ( Dbasal 1 + 45% at), dieta basal 2 y dieta harina del grano del frejol de palo ( Dbasal 2 + 30% fp), se suministraron en proporción de 30% de pienso experimental y 70% de pienso comercial. Los días 3 y 4, el suministro del alimento se cambió a una proporción de 50% de pienso experimental y 50% de pienso comercial. En los últimos días de adaptación se suministró 100% de las dietas experimentales, evaluando el consumo del alimento en MS.

### **6.7.3. ETAPA EXPERIMENTAL**

#### **a. Consumo de alimento**

A lo largo de toda la etapa experimental, la alimentación fue *ad libitum*, con dietas suministradas manualmente en los comederos tipo tolva galvanizadas con una capacidad aproximadamente de 0.5 kg.

Primeramente, se pesó los comederos, posteriormente se hizo el suministro de 400 g de pellets de las dietas en estudio para toda la etapa experimental que tuvo una duración de 5 días, esto con el fin de determinar la cantidad de alimento ingerido a lo largo de la etapa. Para determinar el consumo de alimento en materia seca, en una estufa a 100 °C durante 24 h se realizó la estimación del contenido de la humedad del alimento ofrecido y rehusado.

Acorde a la siguiente formula se estimó el consumo de alimento en MS:

$$Ca = Ao - Ra$$

Dónde:

Ca= Consumo de alimento (g MS/cuy)

Ao= Alimento ofrecido (g MS/cuy)

Ra= Residuo de alimento (g MS/cuy)

#### **b. Suministro de agua**

El agua se suministró a cada jaula mediante una red de tuberías de polietileno de alta consistencia de forma *ad libitum*. Cada jaula metabólica tiene un bebedero tipo chupón.

#### **c. Control de temperatura, ventilación y humedad**

El Bioterio de Nutrición Animal de la Escuela Profesional de Zootecnia cuenta con un sistema de control electrónico de la ventilación y de temperatura, para así mantener la temperatura a 20°C, la humedad relativa entre 55 a 60% y la ventilación se programó de manera automática en tres horarios por día (9:00, 1:00 y 17:00 h) con una duración de 30 min.

#### **d. Colección y manejo de heces**

Las heces de cada cuy, se recogieron todos los días durante cinco días y a la misma hora de la mañana y se colocaron en bolsas de plástico transparentes e inmediatamente se sometieron a congelación a -20 °C para posteriormente sean secadas, pesadas, muestreadas y pulverizadas para su análisis en el laboratorio.

### **6.8. DETERMINACIÓN DEL PESO SECO DE LAS HECES**

En primer lugar, se realizó la limpieza total de impurezas de las heces como pelos de los cuyes con el fin de evitar alteraciones en los resultados de composición química, seguidamente las heces se colocaron en bandejas para la determinación del peso seco de las heces en un horno a 65 °C durante 48 h hasta lograr un peso constante la cual es considerada como el total de heces producidas durante la etapa experimental, se utilizó una balanza electrónica de precisión con una sensibilidad de 1 g para medir el peso seco de las heces. Finalmente, se determinó la materia seca

total, en muestras de heces procedentes de cada uno de los cuyes, para ajustar los pesos secos finales.

#### **6.9. PROCESO DE MOLIENDA Y PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS EN BASE SECA**

Se realizó la molienda de las heces en un molino eléctrico de laboratorio y posteriormente se colocó en frascos de plástico de 100 ml debidamente identificados y rotulados.

#### **6.10. ANÁLISIS QUÍMICO DE LABORATORIO DE MATERIAS PRIMAS, DIETAS Y HECES**

Las materias primas: afrecho de trigo y harina del grano del frejol de palo; dietas experimentales: dieta basal 1 (Dbasal 1), dieta afrecho de trigo (Dbasal 1 + 45% at), dieta basal 2 (Dbasal 2) y dieta harina del grano del frejol de palo (Dbasal 2 + 30% fp) y heces molidas se analizaron en la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco en la Facultad de Ciencias Químicas, Físicas y Matemáticas del departamento académico de química, mediante el método de la Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2002) determinando contenidos de materia seca (MS), materia orgánica (MO), extracto etéreo (EE), fibra cruda (FC), extracto libre de nitrógeno (ELN).

Asimismo, en el Instituto de Ciencia y Tecnología Animal de la Universidad Politécnica de Valencia, España, se realizaron el análisis químico del contenido de energía bruta (EB) de las materias primas, dietas y heces a través de calorimetría de bomba calorimétrica y, además, la MS, PC y CE se analizaron siguiendo los métodos de la AOAC (2002).

#### **6.11. DETERMINACIÓN DE LAS DIGESTIBILIDADES**

Los coeficientes de digestibilidad de la MS, MO, PC, FC, EE y energía bruta (EB) de las 4 dietas experimentales se calculó como la diferencia entre la cantidad de nutrientes ingeridos (I) y la cantidad de nutrientes excretados en las heces (E), según la siguiente expresión.

$$Da \% = ((I-E) / I) \times 100$$

Así:

Da%= Digestibilidad aparente

I= Dieta consumida (g) x contenido en nutriente de la dieta (%)

E= Heces excretadas (g) x contenido en nutrientes de las heces (%)

Para determinar los coeficientes de digestibilidad de la MS, MO, PC, EE, FC y EB de las materias primas, afrecho de trigo y harina del grano del frejol de palo se determinaron mediante el método de sustitución (Villamide *et al.*, 2001), basada en el principio de actividad de los insumos incluídas en las dietas. Como, por ejemplo, acorde a la siguiente expresión matemática para el caso de la ED de la harina del grano del frejol de palo (siendo la misma para estimar la MS, MO, PC, EE y FC) fue la siguiente fórmula:

$$ED_{mpx} = (EDD2 - (EDD1 \times 0.70)) / 0.30$$

ED<sub>mpx</sub>= Energía digestible de la Materia prima “x”

EDD2= Energía digestible de la dieta D2

EDD1= Energía digestible de la dieta basal D1

## 6.12. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los efectos de la adición de las materias primas (at y fp) en las dietas basales, correspondientes, sobre los coeficientes de digestibilidad de la materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE) y energía bruta (EB), los consumos (g MS/día) alcanzados en el estudio de digestibilidad se analizaron estadísticamente a través de un diseño completamente al azar, empleando el GLM (Modelo Lineal Generalizado), usando el programa (Statistical Analysis System [SAS], 2016).

$$Y_{ij} = \mu + P_i + e_{ij}$$

Dónde:

$Y_{ij}$ : Es el registro del coeficiente de digestibilidad de la MS, MO, PC, EE, FC, EB e ingestión

$\mu$ : Promedio general de las observaciones

$P_i$ : Efecto fijo de la  $i$ -ésima materia prima (at, fp) en la dieta basal correspondiente

$e_{ij}$ : Error aleatorio

### **6.13. VARIABLES MEDIDAS**

#### **6.13.1. VARIABLES INDEPENDIENTES**

Nivel de inclusión de afrecho de trigo (45%) en la dieta basal 1.

Nivel de inclusión de frejol de palo (30%) en la dieta basal 2.

#### **6.13.2. VARIABLES DEPENDIENTES**

Digestibilidad de la materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), fibra cruda (FC), energía bruta (EB).

Proteína digestible (PD) y energía digestible (ED) del afrecho de trigo y la harina del grano del frejol de palo.

### **6.14. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

En la comparación de promedios, con el fin de evaluar las diferencias estadísticas de promedios de todas las variables estudiadas se compararon por el método de Student.

En el estudio de investigación los cálculos se realizaron por medio de estadística descriptiva estimando el promedio, desviación estándar, máximo, mínimo, error estándar y porcentajes.

## VII. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 7.1. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL AFRECHO DE TRIGO Y DE LA HARINA DEL GRANO DEL FREJOL DE PALO

Los resultados de la composición química del afrecho de trigo y de la harina del grano del frejol de palo, se presentan en la Tabla 11.

**Tabla 11. Composición química del afrecho de trigo y de la harina del frejol de palo.**

| Nutrientes     | Materias primas  |                                     |
|----------------|------------------|-------------------------------------|
|                | Afrecho de trigo | Harina del grano del frejol de palo |
| MS,%           | 90.59            | 91.17                               |
| MO,%           | 84.38            | 87.03                               |
| PC,%           | 20.17            | 24.15                               |
| EE,%           | 2.59             | 3.22                                |
| CE,%           | 6.21             | 4.14                                |
| FC,%           | 35.50            | 38.20                               |
| ELN,%          | 35.53            | 30.29                               |
| EB, kcal/kg MS | 4 544            | 4 376                               |

**Leyenda:** MS: materia seca; MO: materia orgánica; PC: proteína cruda; EE: extracto etéreo; Ce: ceniza; FC: fibra cruda; ELN: extracto libre de nitrógeno; EB: energía bruta.

#### 7.1.1. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL AFRECHO DE TRIGO

En tanto, de acuerdo a los resultados del presente trabajo de investigación de los análisis químicos realizados (ver Tabla 11), su principal componente del afrecho de trigo fue la fibra cruda con 35.5% siendo mayor a los valores de 11.1%, 9.59%, 6.97% y 14.4% reportados por FEDNA (2019) , Correa (1994), Huayhua (2008) y Cuadrado (2008) respectivamente, mientras que el contenido de MS fue 90.59%, mayor a los valores de 87.4%, 86.93% y 89% de MS del afrecho de trigo descritos por FEDNA, (2019), Vargas & Murillo (1998) y GRANELES DE CHILE S.A (2006) respectivamente y asimismo menor al valor reportado de 91.1% de MS para el afrecho de trigo reportado por Cuadrado (2008). Además, el contenido de la PC fue 20.17%, mayor a los valores de 15.4%,12.1%,17.17% y 16.45%, de PC para el afrecho de trigo, reportados por FEDNA (2019), Cuadrado (2008), Correa (1994) y Huayhua (2008) respectivamente. Asimismo, el contenido del EE del afrecho de trigo fue 2.59%, menor al valor de 3.30%, 3.86%, 4.17% y 5% de EE para el afrecho de trigo reportados por FEDNA (2019), Correa (1994), Huayhua (2008) y cuadrado (2008) respectivamente.

Por otra parte, el análisis químico desarrollado para el afrecho de trigo muestra que el contenido de CE fue 6.21%, mayor a los valores de 5.4%, 4.35%, 5.34% y 6.5% de CE para el afrecho de trigo, reportados por FEDNA (2019), Correa (1994), Huayhua (2008) y Cuadrado (2008) respectivamente, entre tanto el contenido del ELN fue 35.53% menor a los valores 65.02 % ,67.07 % y 58.3 % reportados por Correa (1994), Huayhua (2008) y Cuadrado (2008) y el valor de la EB fue 4 544 kcal/kg MS (ver Tabla 11).

El afrecho de trigo siendo un sub producto de la industria harinera y por tanto su composición química varía de acuerdo a su tipo y variedad de semilla, condiciones de temperatura y abonamiento, técnica de extracción de la harina, secamiento del grano y sobre todo del grado de madurez de la semilla (FEDNA, 2019).

#### **7.1.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA HARINA DEL GRANO DEL FREJOL DE PALO**

En el presente estudio de investigación, en relación con la composición química de la harina del grano del frejol de palo (ver Tabla 11), se reporta un contenido de MS de 91.17%, mayor a los descritos por Navarro *et al.* (2014); Castro y Nava (2021) quienes obtuvieron 86 % y 89.06% de MS para frejol de palo, respectivamente. El contenido de PC fue 24.15%, mayor a los valores reportados por Castro y Nava (2021) y Navarro *et al.* (2014) quienes obtuvieron 15.52% y 19.50 % de PC para frejol de palo, respectivamente. Además, el análisis bromatológico desarrollado para la harina del grano del frejol de palo muestra que el contenido de EE fue de 3.22%, mayor a los valores reportados por Navarro *et al.* (2014); Castro y Nava (2021) quienes obtuvieron 1.40 % y 1.20% de EE para frejol de palo, respectivamente. Asimismo, el contenido de ceniza fue 4.14%, valor reportado concuerda con la literatura publicada por Navarro *et al.* (2014); Castro y Nava (2021) quienes obtuvieron 3.70% y 4.95% de CE para frejol de palo, respectivamente; por otra parte, en el estudio la FC fue 38.20% mayor a los valores reportados por Castro y Nava (2021) y Arias *et al.* (2010) quienes obtuvieron 8.80% y 6.36% de FC para gandul, respectivamente y el ELN obtenido fue 30.29% mayor a los valores reportados por Castro y Nava (2021) y Arias *et al.* (2010) quienes obtuvieron 67.8% y 63.85% de ELN para frejol de palo, respectivamente y la EB fue 4 376 kcal/kg MS (ver Tabla 11).

Estas variaciones de los valores químicos podrían deberse a la diferencia de suelos en donde crece el frijol de palo, factores ambientales y variedades, así como el estado de cosecha y secado (Aliaga,2019).

## 7.2. DIGESTIBILIDAD DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES

### 7.2.1. CONSUMO (g MS/DÍA/CUY) Y DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES

En la Tabla 12, se presenta los resultados de consumo (g MS/día/cuy) y digestibilidad aparente (%) de la MS, MO, PC, EE, FC y EB de las dietas experimentales.

**Tabla 12. Consumo (g MS/día) y coeficientes de digestibilidad aparente (CD%) de la dieta basal 1 y dieta afrecho de trigo (Dbasal 1 + 45% at).**

|                  | Dietas experimentales     |                           |         |     |
|------------------|---------------------------|---------------------------|---------|-----|
|                  | Dbasal 1                  | Dbasal 1 + 45% at         | T-valor | Sig |
| N° de cuyes      | 7                         | 7                         |         |     |
| Consumo (g MS/d) | 47 <sup>a</sup> ± 5.35    | 48 <sup>a</sup> ± 1.72    | 0.9370  | ns  |
| CDMS, %          | 67.04 <sup>a</sup> ± 0.58 | 64.80 <sup>a</sup> ± 1.79 | 0.2565  | ns  |
| CDMO, %          | 68.20 <sup>a</sup> ± 0.48 | 66.29 <sup>a</sup> ± 1.69 | 0.2962  | ns  |
| CDPC, %          | 78.51 <sup>a</sup> ± 0.77 | 79.90 <sup>a</sup> ± 1.53 | 0.4324  | ns  |
| CDEE, %          | 69.21 <sup>a</sup> ± 1.85 | 61.18 <sup>b</sup> ± 2.15 | 0.0154  | *   |
| CDFC, %          | 64.18 <sup>a</sup> ± 0.59 | 66.06 <sup>a</sup> ± 1.61 | 0.2962  | ns  |
| CDEB, %          | 67.58 <sup>a</sup> ± 0.52 | 65.95 <sup>a</sup> ± 1.70 | 0.3756  | ns  |

**Leyenda:** g MS/d: gramos materia seca por día; CDMS: coeficiente de digestibilidad de la materia seca; CDMO: coeficiente de digestibilidad de la materia orgánica; CDPC: coeficiente de digestibilidad de la proteína cruda; CDEE: coeficiente de digestibilidad del extracto etéreo; CDFC: coeficiente de digestibilidad de la fibra cruda; CDEB: coeficiente de digestibilidad de la energía bruta; Dbasal 1: dieta basal 1; Dbasal 1 + 45% at: dieta afrecho de trigo; at: afrecho de trigo; ±: error estándar; <sup>a,b,c</sup>: promedios con diferente letra en la misma fila son significativamente diferentes (P<0.05); CV: coeficiente de variabilidad; P-valor: valor de probabilidad; sig: nivel de significancia; \*: P<0.05; \*\*: P<0.01; \*\*\*: P<0.001; ns: no significativo

Las diferencias en el consumo de las dietas experimentales no fueron significativamente diferentes (P>0.05) (ver Anexo 5), reportándose consumos de 48 ± 1.72 g MS/día/cuy para la dieta afrecho de trigo (Dbasal 1 + 45% at) y 47 ± 5.35 g MS/día/cuy para la dieta basal 1 (Dbasal 1) (ver Tabla 12). En ese sentido, la inclusión del afrecho de trigo (45%) en la dieta basal 1 no afectó el consumo de la MS.

Los coeficientes de digestibilidad de la materia seca (CDMS) de la dieta basal 1 y la dieta afrecho de trigo (Dbasal 1 + 45% at) no fueron significativamente diferentes ( $P>0.2565$ ) (ver Anexo 6), reportándose coeficientes de digestibilidad de la materia seca (CDMS) de  $67.04 \pm 0.58$  y  $64.80 \pm 1.79\%$ , para la dieta basal 1 y dieta afrecho de trigo (Dbasal 1 + 45% at), respectivamente (ver Tabla 12). En ese contexto, la inclusión del afrecho de trigo (45%) en la dieta basal 1 no afectó el CDMS.

Los coeficientes de digestibilidad de la materia orgánica (CDMO) de la dieta basal 1 y la dieta afrecho de trigo (Dbasal 1 + 45% at) no fueron significativamente diferentes ( $P>0.2962$ ) (ver Anexo 7), reportándose coeficientes de digestibilidad de la materia orgánica (CDMO) de  $68.20 \pm 0.48\%$  y  $66.29 \pm 1.69\%$ , para la dieta basal 1 y dieta afrecho de trigo (Dbasal 1 + 45% at), respectivamente (ver Tabla 12). En ese sentido, la inclusión del afrecho de trigo (45%) en la dieta basal 1 no afectó el CDMO.

Los coeficientes de digestibilidad de la proteína cruda (CDPC) de la dieta basal 1 y la dieta afrecho de trigo (Dbasal 1 + 45% at) no fueron significativamente diferentes ( $P>0.05$ ) (ver Anexo 8), reportándose coeficientes de digestibilidad de la proteína cruda (CDPC) de  $79.90 \pm 1.53$  y  $78.51 \pm 0.77\%$ , para la dieta afrecho de trigo (Dbasal 1 + 45% at) y dieta basal 1, respectivamente (ver Tabla 12). En relación a eso, la inclusión del afrecho de trigo (45%) en la dieta basal 1 no afectó el CDPC.

Los coeficientes de digestibilidad del extracto etéreo (CDEE) de la dieta basal 1 y la dieta afrecho de trigo (Dbasal 1 + 45% at) fueron significativamente diferentes ( $P<0.0154$ ) (ver Anexo 9), reportándose coeficientes de digestibilidad del extracto etéreo (CDEE) de  $69.21 \pm 1.85$  y  $61.18 \pm 2.15$ , para la dieta basal 1 y dieta afrecho de trigo (Dbasal 1 + 45% at), respectivamente (ver Tabla 12). La inclusión del afrecho de trigo (45%) en la dieta basal, tuvo efectos negativos ( $P<0.05$ ) sobre la digestibilidad del EE, disminuyendo en 8.03% comparado con la dieta basal 1; en consecuencia, se podría deber al menor contenido de extracto etéreo presente en la dieta afrecho de trigo (Dbasal 1 + 45% at) comparado con la dieta basal 1 que presenta mayor contenido de extracto etéreo (ver Tabla 10).

Los coeficientes de digestibilidad de la fibra cruda (CDFC) de la dieta basal 1 y la dieta afrecho de trigo (Dbasal 1 + 45% at) no fueron significativamente diferentes ( $P>0.2962$ ) (ver Anexo 10), reportándose coeficientes de digestibilidad de la fibra cruda (CDFC) de  $66.06 \pm 1.61$  y  $64.18 \pm 0.59\%$ , para la dieta afrecho de trigo (Dbasal

1 + 45% at) y dieta basal 1, respectivamente (ver Tabla 12). En tal sentido, la inclusión del afrecho de trigo (45%) en la dieta basal 1 no afectó el CDFC.

Los coeficientes de digestibilidad de la energía bruta (CDEB) de la dieta basal 1 y la dieta afrecho de trigo (Dbasal 1 + 45% at) no fueron significativamente diferentes ( $P>0.3756$ ) (ver Anexo 11), reportándose coeficientes de digestibilidad de la energía bruta (CDEB) de  $67.58 \pm 0.52$  y  $65.95 \pm 1.70\%$ , para la dieta basal 1 y dieta afrecho de trigo (Dbasal 1 + 45% at), respectivamente (ver Tabla 12). En relación con eso, la inclusión del afrecho de trigo (45%) en la dieta basal 1 no afectó el CDEB.

**Tabla 13. Consumo (g MS/día) y coeficientes de digestibilidad aparente (CD%) de la dieta basal 2 y dieta harina del grano del frejol de palo (Dbasal 2 + 30% fp).**

|                  | Dietas experimentales |                    |         |     |
|------------------|-----------------------|--------------------|---------|-----|
|                  | Dbasal 2              | Dbasal 2 + 30% fp  | T-valor | Sig |
| N° de cuyes      | 7                     | 7                  |         |     |
| Consumo (g MS/d) | $51^a \pm 2.85$       | $48^a \pm 1.11$    | 0.4083  | ns  |
| CDMS, %          | $67.12^b \pm 0.37$    | $69.96^a \pm 0.41$ | 0.0002  | *** |
| CDMO, %          | $68.79^b \pm 0.33$    | $71.16^a \pm 0.41$ | 0.0007  | *** |
| CDPC, %          | $68.20^a \pm 1.58$    | $60.89^b \pm 1.43$ | 0.0051  | **  |
| CDEE, %          | $69.22^a \pm 0.58$    | $65.07^b \pm 0.92$ | 0.0024  | **  |
| CDFC, %          | $67.58^b \pm 0.76$    | $70.79^a \pm 0.44$ | 0.0033  | **  |
| CDEB, %          | $67.20^a \pm 0.54$    | $68.48^a \pm 0.48$ | 0.1030  | ns  |

**Leyenda:** g MS/d: gramos materia seca por día; CDMS: coeficiente de digestibilidad de la materia seca; CDMO: coeficiente de digestibilidad de la materia orgánica; CDPC: coeficiente de digestibilidad de la proteína cruda; CDEE: coeficiente de digestibilidad del extracto etéreo; CDFC: coeficiente de digestibilidad de la fibra cruda; CDEB: coeficiente de digestibilidad de la energía bruta; Dbasal 2: dieta basal 2; Dbasal 2 + 30% fp: dieta harina del grano del frejol de palo; fp: harina del grano del frejol de palo;  $\pm$ : error estándar; <sup>a,b,c</sup>: promedios con diferente letra en la misma fila son significativamente diferentes ( $P<0.05$ ); CV: coeficiente de variabilidad; P-valor: valor de probabilidad; sig: nivel de significancia; \*:  $P<0.05$ ; \*\*:  $P<0.01$ ; \*\*\*:  $P<0.001$ ; ns: no significativo.

Las diferencias en el consumo de la dieta basal 2 y la dieta harina del grano del frejol de palo (Dbasal 2 + 30% fp) no fueron significativamente diferentes ( $P>0.05$ ) (ver Anexo 12), reportándose consumos de  $51 \pm 2.85$  g MS/día/cuy para la dieta basal 2 (Dbasal 2) y  $48 \pm 1.11$  g MS/día/cuy para la dieta harina del grano del frejol de palo (Dbasal 2 + 30% fp) (ver Tabla 13). En ese sentido, la inclusión de la harina del grano del frejol de palo (30%) en la dieta basal 2 no afectó el consumo de la MS.

Los coeficientes de digestibilidad de la materia seca (CDMS) de la dieta basal 2 y la dieta harina del grano del frejol de palo (Dbasal 2 + 30% fp) fueron significativamente diferentes ( $P<0.0002$ ) (ver Anexo 13), reportándose coeficientes de digestibilidad de la materia seca (CDMS) de  $69.96 \pm 0.41$  y  $67.12 \pm 0.37\%$ , para la dieta harina del grano del frejol de palo (Dbasal 2 + 30% fp) y la dieta basal 2, respectivamente (ver Tabla 13). La inclusión de la harina del grano del frejol de palo (30%) en la dieta basal-2, mejoró sobre la digestibilidad de la MS, aumentando en 2.84% comparado con la dieta basal 2; en consecuencia, se podría deber al menor contenido de fibra cruda presente en la dieta harina del grano del frejol de palo (Dbasal 2 + 30% fp) comparado con la dieta basal 2 que presenta un mayor contenido de fibra cruda (ver Tabla 10).

Los coeficientes de digestibilidad de la materia orgánica (CDMO) de la dieta basal 2 y la dieta harina del grano del frejol de palo (Dbasal 2 + 30% fp) fueron significativamente diferentes ( $P<0.01$ ) (ver Anexo 14), reportándose coeficientes de digestibilidad de la materia orgánica (CDMO) de  $71.16 \pm 0.41$  y  $68.79 \pm 0.33\%$ , para la dieta harina del grano del frejol de palo (Dbasal 2 + 30% fp) y dieta basal 2, respectivamente (ver Tabla 13). La inclusión de la harina del grano del frejol de palo (30%) en la dieta basal 2, mejoró sobre la digestibilidad de la MO, aumentando en 2.37% comparado con la dieta basal 2; en consecuencia, se podría deber al menor contenido de fibra cruda presente en la dieta harina del grano del frejol de palo (Dbasal 2 + 30% fp) comparado con la dieta basal 2 que presenta un mayor contenido de fibra cruda (ver Tabla 10).

Los coeficientes de digestibilidad de la proteína cruda (CDPC) de la dieta basal 2 y la dieta harina del grano del frejol de palo (Dbasal 2 + 30% fp) fueron significativamente diferentes ( $P<0.01$ ) (ver Anexo 15), reportándose coeficientes de digestibilidad de la proteína cruda (CDPC) de  $68.20 \pm 1.58$  y  $60.89 \pm 1.43\%$ , para la dieta basal 2 y dieta harina del grano del frejol de palo (Dbasal 2 + 30% fp), respectivamente (ver Tabla 13). La inclusión de la harina del grano del frejol de palo (30%) en la dieta basal 2, tuvo efectos negativos ( $P<0.05$ ) sobre la digestibilidad de la PC, disminuyendo en 7.31% comparado con la dieta basal 2; en consecuencia, se podría deber al contenido de proteína de las dietas (ver Tabla 10).

Los coeficientes de digestibilidad del extracto etéreo (CDEE) de la dieta basal 2 y la dieta harina del grano del frejol de palo (Dbasal 2 + 30% fp) fueron significativamente diferentes ( $P<0.01$ ) (ver Anexo 16), reportándose coeficientes de digestibilidad del

extracto etéreo (CDEE) de  $69.22 \pm 0.58$  y  $65.07 \pm 0.92\%$ , para la dieta basal 2 y dieta harina del grano del frejol de palo (Dbasal 2 + 30% fp), respectivamente (ver Tabla 13). En ese sentido, la inclusión de la harina del grano del frejol de palo (30%) en la dieta basal 2, tuvo efectos negativos ( $P < 0.05$ ) sobre la digestibilidad del EE, disminuyendo en 4.15% comparado con la dieta basal 2; en consecuencia, se podría deber al menor contenido de extracto etéreo presente en la dieta harina del grano del frejol de palo (Dbasal 2 + 30% fp) comparado con la dieta basal 2 que presenta mayor contenido de extracto etéreo (ver Tabla 10).

Los coeficientes de digestibilidad de la fibra cruda (CDFC) de la dieta basal 2 y la dieta harina del grano del frejol de palo (Dbasal 2 + 30% fp) fueron significativamente diferentes ( $P < 0.01$ ) (ver Anexo 17), reportándose coeficientes de digestibilidad de la fibra cruda (CDFC) de  $70.79 \pm 0.44$  y  $67.58 \pm 0.76\%$ , para la dieta harina del grano del frejol de palo (Dbasal 2 + 30% fp) y la dieta basal 2, respectivamente (ver Tabla 13). La inclusión de la harina del grano del frejol de palo (30%) en la dieta basal 2, mejoró sobre la digestibilidad de la FC, aumentando en 3.21% comparado con la dieta basal 2; en consecuencia, se podría deber al menor contenido de fibra cruda presente en la dieta harina del grano del frejol de palo (Dbasal 2 + 30% fp) comparado con la dieta basal 2 que presenta un mayor contenido de fibra cruda (ver Tabla 10).

Los coeficientes de digestibilidad de la energía bruta (CDEB) de la dieta basal 2 y la dieta harina del grano del frejol de palo (Dbasal 2 + 30% fp) no fueron significativamente diferentes ( $P > 0.1030$ ) (ver Anexo 18), reportándose coeficientes de digestibilidad de energía bruta (CDEB) de  $68.48 \pm 0.48$  y  $67.20 \pm 0.54\%$ , para la dieta harina del grano del frejol de palo (Dbasal 2 + 30% fp) y dieta basal 2, respectivamente (ver Tabla 13). En ese contexto, la inclusión de la harina del grano del frejol de palo (30%) en la dieta basal 2 no afectó el CDEB.

## 7.2.2. DIGESTIBILIDAD DEL AFRECHO DE TRIGO Y HARINA DEL GRANO DEL FREJOL DE PALO

En la Tabla 14, se presenta los resultados de los coeficientes de digestibilidad aparente (%) de la MS, MO, PC, EE, FC y EB de las materias primas en estudio.

**Tabla 14. Coeficientes de digestibilidad aparente (CD%) de los nutrientes del afrecho de trigo y de la harina del grano de frejol de palo.**

| Nutrientes | Coeficientes de digestibilidad (%) |                                     |
|------------|------------------------------------|-------------------------------------|
|            | Afrecho de trigo                   | Harina del grano del frejol de palo |
| MS         | 62.01 ± 4.02                       | 76.30 ± 1.31                        |
| MO         | 61.92 ± 3.61                       | 73.58 ± 1.32                        |
| PC         | 75.19 ± 3.78                       | 59.93 ± 3.22                        |
| EE         | 51.20 ± 4.83                       | 55.79 ± 2.97                        |
| FC         | 68.38 ± 3.60                       | 77.96 ± 1.41                        |
| EB         | 61.50 ± 3.68                       | 68.62 ± 1.50                        |

**Leyenda:** MS: materia seca; MO: materia orgánica; PC: proteína cruda; EE: extracto etéreo; FC: fibra cruda; EB: energía bruta; ±: error estándar

Los coeficientes de digestibilidad de la materia seca (CDMS) del afrecho de trigo y harina del grano del frejol de palo fueron: 62.01 ± 4.02 y 76.30 ± 1.31%, respectivamente (ver Tabla 14). El resultado alcanzado en el estudio de investigación para el CDMS del afrecho de trigo (ver Anexo 20) fue menor al valor reportado por Hidalgo y Valerio (2020) quienes obtuvieron 65.30% de CDMS para el subproducto de trigo y similar al valor reportado por Cuadrado (2008) quien obtuvo 62.69% de CDMS para el afrecho de trigo. Además, el resultado alcanzado en el estudio para el CDMS de la harina del grano del frejol de palo (ver Anexo 20) fue menor al valor reportado por Villacorta (2024) quien obtuvo 96.07% de CDMS para la torta de soya.

El contenido de fibra del afrecho de trigo podría ser por la consecuencia del momento de corte del trigo en un periodo ya maduro o de un deficiente proceso de secado, donde las estructuras celulares se lignifican y el resto de nutrientes va perdiendo su calidad alimenticia, como por ejemplo las vitaminas, proteínas y carbohidratos que, al ser expuestos al sol en forma directa, produce cambios en sus estructuras celulares haciéndose menos digeribles (Caballero, 1992). El nivel de fibra varía en sentido inverso al contenido de almidón, por lo tanto, cuanto más eficiente es la extracción de

la harina de trigo, menor es la digestibilidad del subproducto de trigo. Además, la presencia de lignina podría hacer disminuir la digestibilidad del subproducto de trigo, así como la digestibilidad de los otros nutrientes (Caballero, 1992).

Y el CDMS del frejol de palo fue inferior al valor de la torta de soja probablemente sea por el factor de menor palatabilidad que posee este insumo y no mostrar una tendencia a la selección del alimento como lo menciona (Correa, 1994).

Los coeficientes de digestibilidad de la materia orgánica (CDMO) del afrecho de trigo y harina del grano del frejol de palo fueron:  $61.92 \pm 3.61$  y  $73.58 \pm 1.32\%$ , respectivamente (ver Tabla 14). El resultado alcanzado en el estudio de investigación para el CDMO del afrecho de trigo fue menor al valor reportado por Cuadrado (2008) quien obtuvo 64.28% de CDMO para el afrecho de trigo. Además, el resultado alcanzado en el estudio para el CDMO de la harina del grano del frejol de palo fue menor al valor reportado por Villacorta (2024) quien obtuvo 95.29% de CDMO para la torta de soja.

Los CDMO del afrecho de trigo y el frejol de palo fueron inferiores posiblemente debido a un mayor contenido de fibra en ambos nutrientes la cual haría reducir la digestión tal como lo menciona Bondi (1998).

Los coeficientes de digestibilidad de la proteína cruda (CDPC) del afrecho de trigo y harina del grano del frejol de palo fueron:  $75.19 \pm 3.78$  y  $59.93 \pm 3.22\%$ , respectivamente (ver Tabla 14). El resultado alcanzado en el estudio de investigación para el CDPC del afrecho de trigo fue mayor al valor reportado por Cuadrado (2008) quien obtuvo 62.88% de CDPC para el afrecho de trigo. Además, el resultado alcanzado en el estudio para el CDPC de la dieta harina del grano del frejol de palo fue menor al valor reportado por Villacorta (2024) quien obtuvo 92.47% de CDPC para la torta de soja.

El CDPC del afrecho de trigo fue superior al valor comparado con el autor mencionado probablemente porque el animal realizó cecotrofia de manera más eficaz para aprovechar las proteínas procedentes de microorganismos del ciego y nitrógeno proteico y no proteico no digeridos procedentes del intestino delgado tal como lo mencionan Hidalgo *et al.* (1995). Y el CDPC del frejol de palo al compararlo con la torta de soja fue inferior probablemente por los efectos de los factores anti nutricionales que posee este insumo tal como lo menciona Chihuan (2021)

Los coeficientes de digestibilidad del extracto etéreo (CDEE) del afrecho de trigo y harina del grano del frejol de palo fueron:  $51.20 \pm 4.83$  y  $55.79 \pm 2.97\%$ , respectivamente (ver Tabla 14). El resultado alcanzado en el estudio de investigación para el CDEE del afrecho de trigo fue menor al valor reportado por Cuadrado (2008) quien obtuvo 96.18% de CDEE para el afrecho de trigo.

Este valor probablemente se deba al nivel de la fibra cruda que es uno de los constituyentes de la dieta que tiene el mayor efecto sobre la digestibilidad, y los altos niveles de fibra cruda puede disminuir la digestibilidad de otros nutrientes que constituyen a la dieta tal como lo menciona Arenaza (1996).

Los coeficientes de digestibilidad de la fibra cruda (CDFC) del afrecho de trigo y harina del grano del frejol de palo fueron:  $68.38 \pm 3.60$  y  $77.96 \pm 1.41\%$ , respectivamente (ver Tabla 14). El resultado alcanzado en el estudio de investigación para el CDFC del afrecho de trigo fue mayor al valor reportado por Cuadrado (2008) quien obtuvo 51.54% de CDFC para el afrecho de trigo.

El CDFC del afrecho de trigo fue superior al valor de cuadrado (2008) probablemente porque tuvo mayor contenido de carbohidratos solubles de fácil digestión.

Los coeficientes de digestibilidad de la energía bruta (CDEB) del afrecho de trigo y harina del grano del frejol de palo fueron:  $61.50 \pm 3.68$  y  $68.62 \pm 1.50\%$ , respectivamente (ver Tabla 14). El resultado alcanzado en el estudio de investigación para el CDEB del afrecho de trigo fue similar al valor reportado por Hidalgo y Valerio (2020) quien obtuvo 61.07% de CDEB para el subproducto de trigo.

Estas diferencias y similitudes de coeficientes de digestibilidad comparados con autores ya mencionados, probablemente se deban a que existe una diversidad de sub productos de trigo y la técnica de secado del grano y por consiguiente la composición puede ser diferente;

### 7.2.3. VALORACIÓN NUTRITIVA DE PCD, EED, FCD (%) Y ED (kcal/kg MS) DE LAS MATERIAS PRIMAS EN ESTUDIO

Los valores de la proteína cruda digestible (PCD), extracto etéreo digestible (EED), fibra cruda digestible (FCD) y energía digestible (ED) de las materias primas en estudio, se presentan en la Tabla 15.

**Tabla 15. Valoración nutritiva (nutrientes digestibles) de PC, EE, FC (%) y EB (kcal/kg MS) del afrecho de trigo y de la harina del grano del frejol de palo**

| Nutrientes<br>Digestibles | Materias primas  |                                        |
|---------------------------|------------------|----------------------------------------|
|                           | Afrecho de trigo | Harina del grano del<br>frejol de palo |
| PCD, %                    | 15.17 ± 0.76     | 14.47 ± 0.78                           |
| EED, %                    | 1.33 ± 0.13      | 1.80 ± 0.10                            |
| FCD, %                    | 24.28 ± 1.28     | 29.78 ± 0.54                           |
| ED, kcal/kg MS            | 2 795 ± 167.33   | 3 003 ± 65.62                          |

**Leyenda:** PCD: proteína cruda digestible; EED: extracto etéreo digestible; FCD: fibra cruda digestible; ED: energía digestible; kcal/kg MS: kilocalorías por kilogramos de materia seca; ±: error estándar

La proteína cruda digestible (PCD) del afrecho de trigo y la harina del grano del frejol de palo fueron: 15.17 ± 0.76 y 14.47 ± 0.78%, respectivamente, los datos se muestran en la Tabla 15. El valor obtenido en el presente estudio para PCD (15.17 ± 0.76%) del afrecho de trigo fue mayor al valor reportado por Cuadrado (2008) quien obtuvo 8.15% de PCD para el afrecho de trigo, probablemente sea por el menor contenido de PC (13.3%) reportado por este último frente al contenido de PC (20.17%) del afrecho de trigo (Tabla 11) ; y el valor obtenido PCD (14.47 ± 0.78%) del frejol de palo fue menor al valor reportado por Padilla (2008) quien obtuvo 43.80% de PCD para la torta de soja, probablemente sea por el mayor contenido de PC (48.12%) de la torta de soja frente al contenido de PC (24.15%) del frejol de palo (Tabla 11).

El extracto etéreo digestible (EED) del afrecho de trigo y la harina del grano del frejol de palo fueron: 1.33 ± 0.13 y 1.80 ± 0.10%, respectivamente, los datos se muestran en la Tabla 15. El valor obtenido en el presente estudio para EED (1.33 ± 0.13%) del afrecho de trigo fue menor al valor reportado por Cuadrado (2008) quien obtuvo 5.32% de EED para el afrecho de trigo, probablemente sea por el mayor contenido de EE (5.5%) reportado por este último frente al contenido de EE (2.59%) del afrecho de trigo

(Tabla 11); y el valor obtenido de EED ( $1.80 \pm 0.10\%$ ) del frejol de palo fue mayor al valor reportado por Padilla (2008) quien obtuvo 0.37% de EED para la torta de soja, probablemente sea por el menor contenido de EE (1.36 %) de la torta de soja frente al contenido de EE (3.22 % EE) del frejol de palo (Tabla 11).

La fibra cruda digestible (FCD) del afrecho de trigo y la harina del grano del frejol de palo fueron:  $24.28 \pm 1.28$  y  $29.78 \pm 0.54\%$ , respectivamente, los datos se muestran en la Tabla 15. El valor obtenido en el presente estudio para FCD ( $24.28 \pm 1.28\%$ ) del afrecho de trigo fue mayor al valor reportado por Cuadrado (2008) quien obtuvo 8.15% de FCD para el afrecho de trigo, probablemente sea por el menor contenido de FC (15.8%) reportado por este último frente al contenido de FC (35.50%) del afrecho de trigo (Tabla 11); y el valor obtenido de FCD ( $29.78 \pm 0.54\%$ ) del frejol de palo fue mayor al valor reportado por Padilla (2008) quien obtuvo 2.94% de FCD para la torta de soja, probablemente sea por el menor contenido de FC (5.23 %) de la torta de soja frente al contenido de FC (38.20 %) del frejol de palo (Tabla 11).

La energía digestible (ED) del afrecho de trigo y la harina del grano del frejol de palo fueron:  $2\,795 \pm 167.33$  y  $3\,003 \pm 65.62$  (kcal/kg MS), respectivamente, los datos se muestran en la Tabla 15. El valor obtenido en el presente estudio para la ED ( $2\,795 \pm 167.33$  kcal/kg MS) del afrecho de trigo fue menor al valor de 2 917.85 (kcal/kg MS) de ED para el afrecho de trigo reportado por Cuadrado (2008), posiblemente sea por el mayor contenido de MO (92.1%) que obtuvo este último frente al contenido de MO (84.38%) del afrecho de trigo (Tabla 11); entre tanto, el resultado obtenido para la ED ( $3\,003 \pm 65.62$  kcal/kg MS) de la harina del grano del frejol de palo fue menor al valor de (4 070 kcal/kg MS) de ED para la torta de soja, suscrito por Rostagno (2005), posiblemente sea por el mayor contenido de PB (37%) de la torta de soja reportado por este último frente a la PC (24.15%) del frejol de palo (Tabla 11).

## VIII. CONCLUSIONES

Acorde a los resultados encontrados en el presente estudio se puede determinar las siguientes conclusiones:

- De acuerdo a la composición química del afrecho de trigo y la harina del grano del frejol de palo se puede concluir que el afrecho de trigo tiene alto contenido de FC (35.50%), y una concentración importante de PC (20.17%), aporte bajo de EE (2.59%) así como un buen porcentaje de CE (6.21%), mientras que la harina del grano del frejol de palo tiene alto contenido de FC (38.20%) y PC (24.15%), una concentración importante de ELN (30.29%), EE (3.22) y CE (4.14%).
- La inclusión de 45% de afrecho de trigo en la dieta basal 1, mejoró el consumo de la materia seca de la dieta basal 1, mientras que disminuyó las digestibilidades de los nutrientes contenidos en la dieta basal 1; por otra parte, la inclusión de 30% de harina del grano del frejol de palo en la dieta basal 2, disminuyó el consumo de la materia seca de la dieta basal 2, mientras que mejoró las digestibilidades de los nutrientes de la dieta basal 2, excepto del CDPC y CDEE; En cuanto al afrecho de trigo tiene valores nutricionales importantes en PCD (15.17 %) y ED (2 795 kcal/kg MS). Mientras que la PC de la harina del grano del frejol de palo es menos digestible (59.93%) por tanto su PCD es baja (14.47%), con alto contenido de ED (3 003 Kcal/kg MS).

## **IX. RECOMENDACIONES**

De acuerdo a los resultados y conclusiones obtenidos en el presente estudio, se establece las siguientes recomendaciones:

- Los resultados de la composición química y la valoración energética, proteica del presente trabajo de investigación, se pueden utilizar para formular dietas equilibradas para cuyes con alto grado de confiabilidad.
- El afrecho de trigo y la harina del grano del frejol de palo deben ser sometidas a análisis químico de fibras detergentes, determinar contenidos de aminoácidos para definir sus valores nutricionales.
- Se recomienda llevar a cabo ensayos de alimentación del afrecho de trigo y la harina del grano del frejol de palo en las diferentes etapas productivas y reproductivas de los cuyes, a efecto de definir sus niveles de incorporación en dietas balanceadas.

## REFERENCIAS

Abrams, J. (1995). Avances en nutrición animal. Acribia.

Admassu, E. & Kumar, S. (2007). Effect of processing on antinutrients and in vitro protein digestibility of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties grown in East Africa. Food Chemistry. 161 - 172 p.

Aliaga, G. (2019). Optimización del proceso y caracterización físico química de aislado proteico de frijol de palo (*Cajanus cajan* L.) Tesis para optar el título de Ingeniero Agroindustrial, Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto, Tarapoto, Peru.

Alvarado, M. (1975). Digestibilidad de la cama de cuyes en ovinos. Tesis para optar el título de Ingeniero Zootecnista. Universidad Nacional Agraria de la Molina, UNALM. Lima - Perú.

Arenaza, V. (1996). Determinación de los coeficientes de digestibilidad y energía digestible del bagazo de marigol (*Tagetes erecta*) y subproducto de trigo (*Triticum sativum*) por calorimetría en el cuy (*Cavia porcellus*). Tesis para optar el título de Ingeniero Zootecnista. UNALM. Lima-Perú.

Arias Cubas, M. J., Barrera Mercado, B.Y. & Rodríguez Ayala, J. F. (2010). *Uso de diferentes niveles de harina de semilla de gandul (cajanus cajan) como suplemento en la alimentación de pollo de engorde*. Universidad de El Salvador. <https://oldri.ues.edu.sv/id/eprint/6221>

Association of Official Analytical Chemists (2002). *Official methods of analysis of the AOAC International* (17th ed.). Gaithersburg, MD (USA).

Bernuy, H. E. (1999). *Determinación de la energía metabolizable del hominy feed por dos métodos en pollos de carne* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional - Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

Bondi, A. A. (1989). *Nutrición Animal*. Zaragoza, España: Acribia, S. A.

Bruno, A. (1990) *Leguminosas alimenticias; valor nutricional*. Lima, Perú. Fraelé, S.A. p.127-129.9

Buxadé Carbó, C. (1995). *Zootecnia: bases de producción animal*. Madrid, España: Mundi - Prensa.

Carmona, A., Gomez, A. & Seidi, D. (1993). Uso de pruebas bioquímicas para el estudio de problemas nutricionales En: Vargas, R. E., Leon, A. Q. & Escobar, A. *Canavalia ensiformis* L. Producción procesamiento y utilización en alimentación animal. Copilacion de trabajos presentados en el primer seminario taller sobre *Canavalia ensiformis*. Maracay. 151- 162 p.

Cabada, J.(1971). *Estudio comparativo de la digestibilidad de Afrecho, Afrechillo y Moyuelo de trigo en ovinos* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional - Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

Campos,L.(2007).*Evaluación nutricional del frijol mucuna (Stizolobium deeringianum) y su uso en la alimentación de cuyes en crecimiento y engorde* [Tesis de posgrado Magister Scientiae en la especialidad de nutrición animal, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional - Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

Cañas C, R.(1998). *Alimentación y nutrición animal* (2.<sup>a</sup> ed.). Universidad Católica de Chile. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.14001/53614>

Carballo, D.(2000) Universidad Nacional Agraria. Economía: el campo y el agro. México. Pág. 1-27.

Castillo Gómez, C., Narváez Solarte, W., & Hahn von Hessberg, C. M. (2016). Agromorfología y usos del *Cajanus cajan* L. Millsp. (Fabaceae). *Boletín Científico Centro de Museos Museo de Historia Natural*, 20(1), 52–62. doi:<https://doi.org/10.17151/bccm.2016.20.1.5>

Castro, García, A. & Nava, J., C.(2021) Uso de harina de gandul en la alimentación de cuyes de engorde en Milagro, Ecuador. Universidad Agraria del Ecuador. Guayaquil, Ecuador. Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela. Revista Científica: FCV-LUZ / Vol. XXXI, N°4, 141 - 146, 2021. <https://doi.org/10.52973/rcfcv-luz314.art3>

Cedano, J.(2006). *Guía técnica cultivo de Guandul*. Santo Domingo, República Dominicana: Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal, Inc. Obtenido de [https://www.academia.edu/28739611/Gu%C3%ADa\\_T%C3%A9cnica\\_Cultivo\\_de\\_Guandul](https://www.academia.edu/28739611/Gu%C3%ADa_T%C3%A9cnica_Cultivo_de_Guandul)

CENAGRO (2012). Censo nacional Agropecuario. *Censo realizado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática- INEI, Población pecuaria*. Disponible en <http://censos.inei.gob.pe/cenagro/tabulados/>

Chauca, L.(1997). *Producción de cuyes (Cavia porcellus)*. Roma: Food & Agriculture Org.

Cheeke, P.(1995). *Alimentación y Nutrición*. Zaragoza, España: Acribia S.A.

Chihuan, R.(2021) Inclusión de harina de frijol de palo (*Cajanus cajan*) precocido en la alimentación de pollos criollos mejorados, en Tingo María”, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Facultad de Zootecnia. Repositorio Institucional - Universidad Agraria de la Selva, Tingo María, Perú.

Chuman, S. (1993) Elaboración de conserva de frijol de palo *Cajanus cajan* al estado fresco. Tesis Ing. Industrias. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 50 p.

Correa, C.(1994). *Determinación de la digestibilidad de insumos energéticos, proteicos y fibrosos en cuyes* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional - Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

Cuadrado, L. I. (2008). *Valoración energética de polvillo de arroz y afrecho de trigo utilizado en la alimentación* Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Repositorio Institucional - Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/1659>

Esquerre, J. A., Valenzuela, & Candela, E. (1974). Digestión microbiana en cuyes criollos de la altura. *Inv. Pec. (IVITA)*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima - Perú.

FAO.(1985). Sistemas de información de Recursos de Pienso. *Cajanus cajan*. [En Línea]. (<http://www.Fao.org/afris/default.htm>).

FAO.(2014). *Disponibilidad de piensos y nutrición de aves de corral en países en desarrollo. Alimentos alternativos para su uso en formulaciones de alimentos para aves de corral*. Disponible en: [www.fao.org/3/a-al703s.pdf](http://www.fao.org/3/a-al703s.pdf)

Flores, M. P. & Rodriguez, M.(2005). Nutrición Animal, Publicación de La Unidad Docente del área de Nutrición Animal de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria – España. (Consulta en: setiembre del 2024) Disponible en: [www.webs.ulpgc.es/nutraim](http://www.webs.ulpgc.es/nutraim).

Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. (2019). *Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos*. Obtenido de <http://www.fundacionfedna.org/node/495>

García, A. R. (2009). *Determinación de la energía digestible de residuos seco de cervecería y raicilla de malta en cuyes* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional - Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

Gómez, B. C., & Vergara, V. (1993). Fundamentos de nutrición y alimentación. *I Curso nacional de capacitación en crianzas familiares*. INIA - EELM - EEBI, Lima, Perú.

GRANELES DE CHILE S.A. (2006). Ficha técnica del afrecho de trigo.

Gurumoorthi, P., Pugalenth, M. & Janardhanan, K. (2008). Nutritional potential of five accessions of a south indian tribal pulse *Mucuna pruriens* var utilis: ii. Investigations on total free phenolics, tannins, trypsin and chymotrypsin inhibitors, hythaemagglutinins, and in vitro protein digestibility. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 153-158 p.

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*). *Inv Vet Perú*, 31(2): e1793. doi: <https://doi.org/10.15381/rivep.v31i2.17816>

Hidalgo, V., Moreno, A., Cabrera, P., & Montes, T. (1995). *Crianza de Cuyes: Programa de Investigación en Carnes*. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

Huayhua, V. (2008). *Determinación de los coeficientes de digestibilidad y energía digestible del bagazo de marigold (Tagetes erecta) y subproducto de trigo (Triticum sativum) por calorimetria en el cuy (Cavia porcellus)*. Lima, Perú: Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA. Obtenido de <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/413>

Khokar, S. & Chanhnan, B. (1986). Effect of domestic processing and cooking in vitro protein digestibility of the north bean. *Journal of Food Science*. 1083 – 1085 p.

Maynard, A., Loosli, J., Hintz, H., & Warner, R. (1981). *Nutrición Animal* (7.<sup>a</sup> ed.). McGraw – Hill Book Company, New Cork, N. Y.

Maynard, L. (1980). *Nutrición animal*. (A. Ortega, Trad.) México: Mac Graw – Hill.

MIDAGRI. (2020). Ministerio de Agricultura y Riego - Dirección General de Evaluación y Seguimiento de Políticas - Dirección de Estadística Agraria. *Compendio estadístico Peru-2020*. Obtenido de [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1758/cap13/cap13.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1758/cap13/cap13.pdf)

McDonald, P., Edwards, R. A., & Greenhalgh, J. F. (2002). *Nutrición animal* (3.<sup>a</sup> ed.). Zaragoza, España: ACRIBIA.

Moreno, R. A. (1989). *Producción de Cuyes*. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

Morrison, F.B, (1980). *Alimentos y alimentación del ganado*. Tomo 5. Editorial Hispano Americana. México.

Navarro, C., Restrepo, D. & Pérez, J. (2014). El guandul (*Cajanus cajan*) una alternativa en la industria de los alimentos. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 12(2), 197-206. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v12n2/v12n2a22.pdf>

Oliden, C. A. (1995). *Influencia de la labranza manual y manejo de rastroy en el rendimiento del frijol de palo (Cajanus cajan L.)* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional - Universidad Nacional de Agraria de la Selva, Tingo María, Perú.

Pond, W. G., Church, D. C. & Pond, K. R. (2009). *Fundamentos de nutrición y alimentación de animales* (2.<sup>a</sup> ed.). Limusa S.A.

Ruiz, C. (1997) Obtencion de harina precocida del frijol de palo (*Cajanus cajan*) su caracterización y aplicación. Tesis Ing. Industria alimentaria. Tingo Maria, Peru. Universidad Nacional Agraria de la Selva 50p.

Saravia, J. D. (1993). *Avances de investigación en la alimentación de cuyes*. I curso Regional de capacitación en crianzas familiares de cuyes, Cajamarca, Perú.

Shimada. A.(2009). Nutrición Animal. Ed. Trillas. México.

Statistical Analysis System. (2016). *Introducción a la programación en SAS® Studio* 3.5. NC, USA: SAS Institute Inc.

Steel, R. G., y Torrie, J. H.(1985). *Bioestadística: principios y procedimientos* (2.<sup>a</sup> ed.). Bogotá, Colombia: McGraw-Hill Interamericana.

Suárez, B. (2002). Evaluación de dos niveles de subproducto de trigo en dietas de ronsocos (*Hydrochaeris hydrochaeris*) bajo cautiverio. *Instituto de investigaciones de la Amazonía Peruana*. Obtenido de <https://revistas.iiap.gob.pe/index.php/foliaamazonica/article/view/279>

Torre, O.(1995). *Determinación del valor energético para el cerdo de residuos de camal avícola y orujo bruto de aceituna* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. *Repositorio Institucional - Universidad Nacional Agraria La Molina* La Molina, Lima, Perú.

Valerio, H. Y. (2015). *Determinación de la energía metabolizable y digestible del gluten de maíz, hominy feed y subproducto de trigo en cuyes (Cavia porcellus)*. Universidad Nacional Agraria La Molina-UNALM, Lima, Perú. Obtenido de <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/1831/L02.V34-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Valladolid, Ch. (2016) Leguminosas de granos. “Semillas nutritivas para un futuro sostenible”. Primera Edición. Biblioteca Nacional del Perú - GALU GRAF S.A.C. Pág75. En línea: [minagri.gob.pe/portal/download/legumbres/catalogo-leguminosas.pdf]. Leguminosas de grano – Minagri PDF

Vargas, E. y Murillo, M. (1998). Composición química del afrecho de trigo. <http://www.mag.go.cr/rev-agr/.pdf>.

Vera, V. (2011). Niveles de harina de hojas de gandul (*Cajanus cajan* L.) en la alimentación de pollos criollos mejorados. Tesis de grado. Universidad Técnica Estatal de Quevedo-Ecuador.

Villacorta, W. S. (2023). *Digestibilidad de la torta de soya (Glycine max) y grano de maíz (Zea mays) en cuyes (Cavia porcellus L.)* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco]. Repositorio Institucional - Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Perú.

Villamide, M. J., Maertens, L., Cervera, C., Pérez, J. M., & Xiccato, G. (2001). A critical approach of the calculation procedures to be used in digestibility determination of feed ingredients for rabbits. *World Rabbit Science*, 9(1), 19-25. Obtenido de <https://doi.org/10.4995/wrs.2001.442>

Wu N., Kuang F., Fu Y.J., ZU Y. G., Chang F. R., Chen Y. H., Liu X. L., Yu K., Wei L., Gu C. B. (2009) Antioxidant activities of extracts and main components of pigeonpea (*Cajanus cajan* L.) Millsp. Leaves. China. *Molecules*. Vol. 14:1032-1043.

## ANEXOS

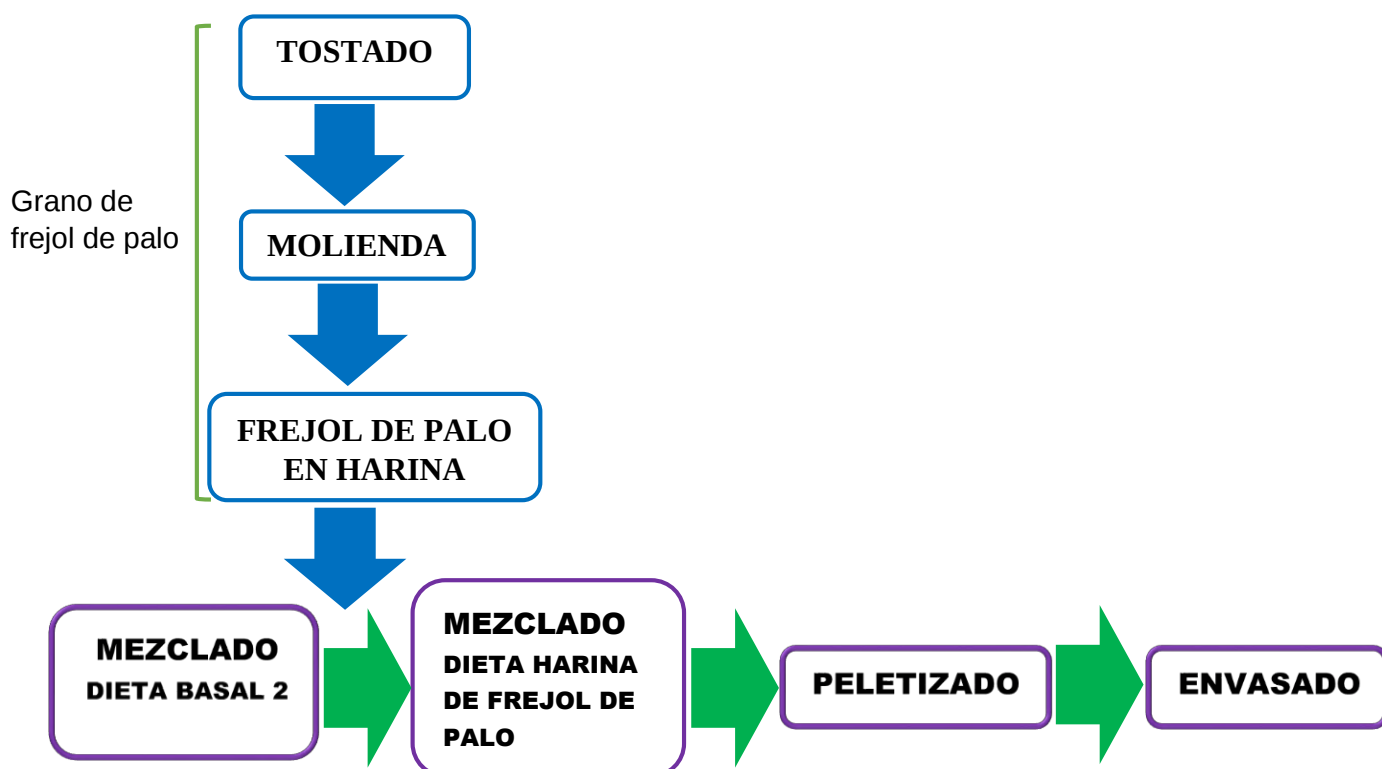
### Anexo 1. Materias primas a evaluar



### Anexo 2. Preparación, mezcla y proceso de peletización de los alimentos



### Anexo 3. Flujograma de la preparación de la dieta de afrecho de trigo y dieta harina de frejol de palo



#### Anexo 4. Pellets de dietas experimentales



#### Anexo 5. Ensayo de digestibilidad



**Anexo 6. Prueba de t Student para consumo (g MS/día/cuy) de la dieta basal 1 y dieta afrecho de trigo**

| DIETAS     | Método        | Media   | Media de CL al 95% |         | Dev std | Dev std de CL al 95% |         |
|------------|---------------|---------|--------------------|---------|---------|----------------------|---------|
| DAT        |               | 47.6387 | 43.4262            | 51.8511 | 4.5547  | 2.9350               | 10.0298 |
| DBAT       |               | 48.4326 | 46.1136            | 56.7516 | 5.7512  | 3.7061               | 12.6646 |
| Diff (1-2) | Agrupado      | -3.7939 | -9.8355            | 2.2477  | 5.1876  | 3.7200               | 8.5634  |
| Diff (1-2) | Satterthwaite | -3.7939 | -9.8709            | 2.2831  |         |                      |         |

| Método        | Varianzas | DF     | Valor t | Pr >  t |
|---------------|-----------|--------|---------|---------|
| Agrupado      | Igual     | 12     | -1.37   | 0.9370  |
| Satterthwaite | Desigual  | 11.402 | -1.37   | 0.1976  |

| Igualdad de varianzas |        |        |         |        |
|-----------------------|--------|--------|---------|--------|
| Método                | Num DF | Den DF | F-Valor | Pr > F |
| Folded F              | 6      | 6      | 1.59    | 0.5852 |

**Anexo 7. Prueba de t Student para CDMS de la dieta basal 1 y la dieta afrecho de trigo (%)**

| DIETAS     | Método        | Media   | Media de CL al 95% |         | Dev std | Dev std de CL al 95% |         |
|------------|---------------|---------|--------------------|---------|---------|----------------------|---------|
| DAT        |               | 64.7969 | 60.4084            | 69.1854 | 4.7452  | 3.0577               | 10.4492 |
| DBAT       |               | 67.0419 | 65.6269            | 68.4569 | 1.5300  | 0.9859               | 3.3691  |
| Diff (1-2) | Agrupado      | -2.2450 | -6.3508            | 1.8608  | 3.5254  | 2.5280               | 5.8196  |
| Diff (1-2) | Satterthwaite | -2.2450 | -6.6719            | 2.1818  |         |                      |         |

| Método        | Varianzas | DF     | Valor t | Pr >  t |
|---------------|-----------|--------|---------|---------|
| Agrupado      | Igual     | 12     | -1.19   | 0.2565  |
| Satterthwaite | Desigual  | 7.2342 | -1.19   | 0.2711  |

| Igualdad de varianzas |        |        |         |        |
|-----------------------|--------|--------|---------|--------|
| Método                | Num DF | Den DF | F-Valor | Pr > F |
| Folded F              | 6      | 6      | 9.62    | 0.0144 |

**Anexo 8. Prueba de t Student para CDMO de la dieta basal 1 y la dieta afrecho de trigo (%)**

| DIETAS     | Método        | Media   | Media de CL al 95% |         | Dev std | Dev std de CL al 95% |        |
|------------|---------------|---------|--------------------|---------|---------|----------------------|--------|
| DAT        |               | 66.2857 | 62.1565            | 70.4149 | 4.4648  | 2.8771               | 9.8317 |
| DBAT       |               | 68.2027 | 67.0223            | 69.3831 | 1.2763  | 0.8224               | 2.8105 |
| Diff (1-2) | Agrupado      | -1.9170 | -5.7411            | 1.9071  | 3.2835  | 2.3546               | 5.4202 |
| Diff (1-2) | Satterthwaite | -1.9170 | -6.0703            | 2.2363  |         |                      |        |

| Método        | Varianzas | DF     | Valor t | Pr >  t |
|---------------|-----------|--------|---------|---------|
| Agrupado      | Igual     | 12     | -1.09   | 0.2962  |
| Satterthwaite | Desigual  | 6.9741 | -1.09   | 0.3110  |

| Igualdad de varianzas |        |        |         |        |
|-----------------------|--------|--------|---------|--------|
| Método                | Num DF | Den DF | F-Valor | Pr > F |
| Folded F              | 6      | 6      | 12.24   | 0.0077 |

**Anexo 9. Prueba de t Student para CDPC de la dieta basal 1 y la dieta afrecho de trigo (%)**

| DIETAS     | Método        | Media   | Media de CL al 95% |         | Dev std | Dev std de CL al 95% |        |
|------------|---------------|---------|--------------------|---------|---------|----------------------|--------|
| DAT        |               | 79.9009 | 76.1472            | 83.6547 | 4.0588  | 2.6155               | 8.9378 |
| DBAT       |               | 78.5052 | 76.6113            | 80.3990 | 2.0477  | 1.3195               | 4.5092 |
| Diff (1-2) | Agrupado      | 1.3958  | -2.3480            | 5.1395  | 3.2146  | 2.3051               | 5.3064 |
| Diff (1-2) | Satterthwaite | 1.3958  | -2.5000            | 5.2915  |         |                      |        |

| Método        | Varianzas | DF     | Valor t | Pr >  t |
|---------------|-----------|--------|---------|---------|
| Agrupado      | Igual     | 12     | 0.81    | 0.4324  |
| Satterthwaite | Desigual  | 8.8686 | 0.81    | 0.4379  |

| Igualdad de varianzas |        |        |         |        |
|-----------------------|--------|--------|---------|--------|
| Método                | Num DF | Den DF | F-Valor | Pr > F |
| Folded F              | 6      | 6      | 3.93    | 0.1203 |

**Anexo 10. Prueba de t Student para CDEE de la dieta basal 1 y la dieta afrecho de trigo (%)**

| DIETAS     | Método        | Media   | Media de CL al 95% |         | Dev std | Dev std de CL al 95% |         |
|------------|---------------|---------|--------------------|---------|---------|----------------------|---------|
| DAT        |               | 61.1783 | 55.9066            | 66.4501 | 5.7002  | 3.6732               | 12.5522 |
| DBAT       |               | 69.2052 | 64.6661            | 73.7442 | 4.9079  | 3.1626               | 10.8074 |
| Diff (1-2) | Agrupado      | -8.0268 | -14.2212           | -1.8324 | 5.3188  | 3.8140               | 8.7799  |
| Diff (1-2) | Satterthwaite | -8.0268 | -14.2364           | -1.8172 |         |                      |         |

| Método        | Varianzas | DF     | Valor t | Pr >  t |
|---------------|-----------|--------|---------|---------|
| Agrupado      | Igual     | 12     | -2.82   | 0.0154  |
| Satterthwaite | Desigual  | 11.741 | -2.82   | 0.0157  |

| Igualdad de varianzas |        |        |         |        |
|-----------------------|--------|--------|---------|--------|
| Método                | Num DF | Den DF | F-Valor | Pr > F |
| Folded F              | 6      | 6      | 1.35    | 0.7255 |

**Anexo 11. Prueba de t Student para CDFC de la dieta basal 1 y la dieta afrecho de trigo (%)**

| DIETAS     | Método        | Media   | Media de CL al 95% |         | Dev std | Dev std de CL al 95% |        |
|------------|---------------|---------|--------------------|---------|---------|----------------------|--------|
| DAT        |               | 66.0560 | 62.1235            | 69.9885 | 4.2520  | 2.7400               | 9.3633 |
| DBAT       |               | 64.1844 | 62.7290            | 65.6399 | 1.5737  | 1.0141               | 3.4655 |
| Diff (1-2) | Agrupado      | 1.8716  | -1.8622            | 5.6053  | 3.2060  | 2.2990               | 5.2922 |
| Diff (1-2) | Satterthwaite | 1.8716  | -2.1153            | 5.8585  |         |                      |        |

| Método        | Varianzas | DF     | Valor t | Pr >  t |
|---------------|-----------|--------|---------|---------|
| Agrupado      | Igual     | 12     | 1.09    | 0.2962  |
| Satterthwaite | Desigual  | 7.6135 | 1.09    | 0.3081  |

| Igualdad de varianzas |        |        |         |        |
|-----------------------|--------|--------|---------|--------|
| Método                | Num DF | Den DF | F-Valor | Pr > F |
| Folded F              | 6      | 6      | 7.30    | 0.0290 |

**Anexo 12. Prueba de t Student para CDEB de la dieta basal 1 y la dieta afrecho de trigo (%)**

| DIETAS     | Método        | Media   | Media de CL al 95% |         | Dev std | Dev std de CL al 95% |        |
|------------|---------------|---------|--------------------|---------|---------|----------------------|--------|
| DAT        |               | 65.9485 | 61.7912            | 70.1059 | 4.4952  | 2.8967               | 9.8987 |
| DBAT       |               | 67.5844 | 66.3062            | 68.8626 | 1.3821  | 0.8906               | 3.0434 |
| Diff (1-2) | Agrupado      | -1.6358 | -5.5087            | 2.2370  | 3.3254  | 2.3846               | 5.4894 |
| Diff (1-2) | Satterthwaite | -1.6358 | -5.8242            | 2.5525  |         |                      |        |

| Método        | Varianzas | DF     | Valor t | Pr >  t |
|---------------|-----------|--------|---------|---------|
| Agrupado      | Igual     | 12     | -0.92   | 0.3756  |
| Satterthwaite | Desigual  | 7.1243 | -0.92   | 0.3875  |

| Igualdad de varianzas |        |        |         |        |
|-----------------------|--------|--------|---------|--------|
| Método                | Num DF | Den DF | F-Valor | Pr > F |
| Folded F              | 6      | 6      | 10.58   | 0.0113 |

**Anexo 13. Prueba de t Student para consumo de la dieta basal 2 y dieta harina del grano del frejol de palo (g MS/día/cuy)**

| DIETAS     | Método        | Media   | Media de CL al 95% |         | Dev std | Dev std de CL al 95% |         |
|------------|---------------|---------|--------------------|---------|---------|----------------------|---------|
| DBFP       |               | 49.2768 | 44.8667            | 53.6868 | 4.7684  | 3.0727               | 10.5004 |
| DFP        |               | 48.1222 | 45.4005            | 50.8439 | 2.9429  | 1.8964               | 6.4804  |
| Diff (1-2) | Agrupado      | 1.1546  | -3.4599            | 5.7691  | 3.9622  | 2.8413               | 6.5406  |
| Diff (1-2) | Satterthwaite | 1.1546  | -3.5649            | 5.8741  |         |                      |         |

| Método        | Varianzas | DF     | Valor t | Pr >  t |
|---------------|-----------|--------|---------|---------|
| Agrupado      | Igual     | 12     | 0.55    | 0.5956  |
| Satterthwaite | Desigual  | 9.9915 | 0.55    | 0.5976  |

| Igualdad de varianzas |        |        |         |        |
|-----------------------|--------|--------|---------|--------|
| Método                | Num DF | Den DF | F-Valor | Pr > F |
| Folded F              | 6      | 6      | 2.63    | 0.2652 |

**Anexo 14. Prueba de t Student para CDMS de la dieta basal 2 y la dieta harina del grano del frejol de palo (%)**

| DIETAS     | Método        | Media   | Media de CL al 95% |         | Dev std | Dev std de CL al 95% |        |
|------------|---------------|---------|--------------------|---------|---------|----------------------|--------|
| DBFP       |               | 67.1170 | 66.2180            | 68.0159 | 0.9720  | 0.6264               | 2.1405 |
| DFP        |               | 69.9552 | 68.9612            | 70.9493 | 1.0748  | 0.6926               | 2.3668 |
| Diff (1-2) | Agrupado      | -2.8383 | -4.0317            | -1.6449 | 1.0247  | 0.7348               | 1.6915 |
| Diff (1-2) | Satterthwaite | -2.8383 | -4.0330            | -1.6435 |         |                      |        |

| Método        | Varianzas | DF     | Valor t | Pr >  t |
|---------------|-----------|--------|---------|---------|
| Agrupado      | Igual     | 12     | -5.18   | 0.0002  |
| Satterthwaite | Desigual  | 11.881 | -5.18   | 0.0002  |

| Igualdad de varianzas |        |        |         |        |
|-----------------------|--------|--------|---------|--------|
| Método                | Num DF | Den DF | F-Valor | Pr > F |
| Folded F              | 6      | 6      | 1.22    | 0.8134 |

**Anexo 15. Prueba de t Student para CDMO de la dieta basal 2 y la dieta harina del grano del frejol de palo (%)**

| DIETAS     | Método        | Media   | Media de CL al 95% |         | Dev std | Dev std de CL al 95% |        |
|------------|---------------|---------|--------------------|---------|---------|----------------------|--------|
| DBFP       |               | 68.7871 | 67.9883            | 69.5858 | 0.8637  | 0.5565               | 1.9019 |
| DFP        |               | 71.1642 | 70.1598            | 72.1685 | 1.0860  | 0.6998               | 2.3914 |
| Diff (1-2) | Agrupado      | -2.3771 | -3.5198            | -1.2344 | 0.9811  | 0.7036               | 1.6196 |
| Diff (1-2) | Satterthwaite | -2.3771 | -3.5262            | -1.2280 |         |                      |        |

| Método        | Varianzas | DF     | Valor t | Pr >  t |
|---------------|-----------|--------|---------|---------|
| Agrupado      | Igual     | 12     | -4.53   | 0.0007  |
| Satterthwaite | Desigual  | 11.421 | -4.53   | 0.0008  |

| Igualdad de varianzas |        |        |         |        |
|-----------------------|--------|--------|---------|--------|
| Método                | Num DF | Den DF | F-Valor | Pr > F |
| Folded F              | 6      | 6      | 1.58    | 0.5919 |

**Anexo 16. Prueba de t Student para CDPC de la dieta basal 2 y la dieta harina del grano del frejol de palo (%)**

| DIETAS     | Método        | Media   | Media de CL al 95% |         | Dev std | Dev std de CL al 95% |        |
|------------|---------------|---------|--------------------|---------|---------|----------------------|--------|
| DBFP       |               | 68.1953 | 64.3184            | 72.0722 | 4.1919  | 2.7013               | 9.2309 |
| DFP        |               | 60.8908 | 57.3891            | 64.3925 | 3.7862  | 2.4398               | 8.3375 |
| Diff (1-2) | Agrupado      | 7.3045  | 2.6527             | 11.9563 | 3.9942  | 2.8642               | 6.5934 |
| Diff (1-2) | Satterthwaite | 7.3045  | 2.6474             | 11.9616 |         |                      |        |

| Método        | Varianzas | DF     | Valor t | Pr >  t |
|---------------|-----------|--------|---------|---------|
| Agrupado      | Igual     | 12     | 3.42    | 0.0051  |
| Satterthwaite | Desigual  | 11.878 | 3.42    | 0.0051  |

| Igualdad de varianzas |        |        |         |        |
|-----------------------|--------|--------|---------|--------|
| Método                | Num DF | Den DF | F-Valor | Pr > F |
| Folded F              | 6      | 6      | 1.23    | 0.8111 |

**Anexo 17. Prueba de t Student para CDEE de la dieta basal 2 y la dieta harina del grano del frejol de palo (%)**

| DIETAS     | Método        | Media   | Media de CL al 95% |         | Dev std | Dev std de CL al 95% |        |
|------------|---------------|---------|--------------------|---------|---------|----------------------|--------|
| DBFP       |               | 69.2154 | 67.8031            | 70.6276 | 1.5270  | 0.9840               | 3.3626 |
| DFP        |               | 65.0662 | 62.8213            | 67.3111 | 2.4273  | 1.5642               | 5.3452 |
| Diff (1-2) | Agrupado      | 4.1492  | 1.7876             | 6.5108  | 2.0278  | 1.4541               | 3.3473 |
| Diff (1-2) | Satterthwaite | 4.1492  | 1.7375             | 6.5608  |         |                      |        |

| Método        | Varianzas | DF     | Valor t | Pr >  t |
|---------------|-----------|--------|---------|---------|
| Agrupado      | Igual     | 12     | 3.83    | 0.0024  |
| Satterthwaite | Desigual  | 10.106 | 3.83    | 0.0033  |

| Igualdad de varianzas |        |        |         |        |
|-----------------------|--------|--------|---------|--------|
| Método                | Num DF | Den DF | F-Valor | Pr > F |
| Folded F              | 6      | 6      | 2.53    | 0.2840 |

**Anexo 18. Prueba de t Student para CDFC de la dieta basal 2 y la dieta harina del grano del frejol de palo (%)**

| DIETAS     | Método        | Media   | Media de CL al 95% |         | Dev std | Dev std de CL al 95% |        |
|------------|---------------|---------|--------------------|---------|---------|----------------------|--------|
| DBFP       |               | 67.5831 | 65.7230            | 69.4433 | 2.0113  | 1.2961               | 4.4290 |
| DFP        |               | 70.7891 | 69.7211            | 71.8570 | 1.1547  | 0.7441               | 2.5428 |
| Diff (1-2) | Agrupado      | -3.2060 | -5.1159            | -1.2961 | 1.6399  | 1.1760               | 2.7071 |
| Diff (1-2) | Satterthwaite | -3.2060 | -5.1711            | -1.2408 |         |                      |        |

| Método        | Varianzas | DF     | Valor t | Pr >  t |
|---------------|-----------|--------|---------|---------|
| Agrupado      | Igual     | 12     | -3.66   | 0.0033  |
| Satterthwaite | Desigual  | 9.5678 | -3.66   | 0.0047  |

| Igualdad de varianzas |        |        |         |        |
|-----------------------|--------|--------|---------|--------|
| Método                | Num DF | Den DF | F-Valor | Pr > F |
| Folded F              | 6      | 6      | 3.03    | 0.2026 |

**Anexo 19. Prueba de t Student para CDEB de la dieta basal 2 y la dieta harina del grano del frejol de palo (%)**

| DIETAS     | Método        | Media   | Media de CL al 95% |         | Dev std | Dev std de CL al 95% |        |
|------------|---------------|---------|--------------------|---------|---------|----------------------|--------|
| DBFP       |               | 67.1979 | 65.8785            | 68.5172 | 1.4266  | 0.9193               | 3.1414 |
| DFP        |               | 68.4751 | 67.2937            | 69.6565 | 1.2774  | 0.8231               | 2.8128 |
| Diff (1-2) | Agrupado      | -1.2772 | -2.8541            | 0.2997  | 1.3540  | 0.9709               | 2.2351 |
| Diff (1-2) | Satterthwaite | -1.2772 | -2.8563            | 0.3018  |         |                      |        |

| <b>Método</b>        | <b>Varianzas</b> | <b>DF</b> | <b>Valor t</b> | <b>Pr &gt;  t </b> |
|----------------------|------------------|-----------|----------------|--------------------|
| <b>Agrupado</b>      | Igual            | 12        | -1.76          | 0.1030             |
| <b>Satterthwaite</b> | Desigual         | 11.856    | -1.76          | 0.1033             |

| <b>Igualdad de varianzas</b> |               |               |                |                  |
|------------------------------|---------------|---------------|----------------|------------------|
| <b>Método</b>                | <b>Num DF</b> | <b>Den DF</b> | <b>F-Valor</b> | <b>Pr &gt; F</b> |
| <b>Folded F</b>              | 6             | 6             | 1.25           | 0.7954           |

**Anexo 20. Análisis estadístico descriptivo de consumo (g MS/día/cuy) y coeficiente de digestibilidad de las dietas experimentales**

| <b>Dietas</b>            | <b>Etiqueta</b> | <b>Media</b> | <b>Desviación estándar</b> | <b>Mínimo</b> | <b>Máximo</b> | <b>Error estándar</b> |
|--------------------------|-----------------|--------------|----------------------------|---------------|---------------|-----------------------|
| <b>Dieta basal 1</b>     | CONMSD          | 47.18        | 14.16                      | 17.54         | 59.08         | 5.35                  |
|                          | DMSd            | 67.04        | 1.53                       | 65.43         | 70.01         | 0.58                  |
|                          | DMOd            | 68.20        | 1.28                       | 66.85         | 70.69         | 0.48                  |
|                          | DPCd            | 78.51        | 2.05                       | 76.02         | 81.73         | 0.77                  |
|                          | DEBd            | 67.58        | 1.38                       | 66.00         | 69.88         | 0.52                  |
|                          | DEEd            | 69.21        | 4.91                       | 63.27         | 75.68         | 1.85                  |
|                          | DFCd            | 64.18        | 1.57                       | 62.56         | 66.51         | 0.59                  |
|                          | DCEd            | 56.52        | 4.01                       | 52.57         | 63.92         | 1.51                  |
|                          | DELNd           | 63.19        | 2.81                       | 57.83         | 66.49         | 1.06                  |
| <b>Dbasal 1 + 45% at</b> | CONMSD          | 47.64        | 4.55                       | 40.29         | 53.72         | 1.72                  |
|                          | DMSd            | 64.80        | 4.75                       | 58.89         | 72.66         | 1.79                  |
|                          | DMOd            | 66.29        | 4.46                       | 60.84         | 73.59         | 1.69                  |
|                          | DPCd            | 79.90        | 4.06                       | 74.05         | 85.56         | 1.53                  |
|                          | DEBd            | 65.95        | 4.50                       | 60.63         | 73.42         | 1.70                  |
|                          | DEEd            | 61.18        | 5.70                       | 53.11         | 69.29         | 2.15                  |
|                          | DFCd            | 66.06        | 4.25                       | 62.05         | 73.03         | 1.61                  |
|                          | DCEd            | 50.79        | 7.62                       | 40.53         | 63.87         | 2.88                  |
|                          | DELNd           | 58.40        | 6.35                       | 47.77         | 66.95         | 2.40                  |
| <b>Dieta basal 2</b>     | CONMSD          | 50.75        | 7.55                       | 41.66         | 65.15         | 2.85                  |
|                          | DMSd            | 67.12        | 0.97                       | 65.65         | 68.54         | 0.37                  |
|                          | DMOd            | 68.79        | 0.86                       | 67.42         | 69.96         | 0.33                  |
|                          | DPCd            | 68.20        | 4.19                       | 60.24         | 72.37         | 1.58                  |
|                          | DEBd            | 67.20        | 1.43                       | 65.14         | 69.21         | 0.54                  |
|                          | DEEd            | 69.22        | 1.53                       | 66.37         | 70.55         | 0.58                  |
|                          | DFCd            | 67.58        | 2.01                       | 64.29         | 70.56         | 0.76                  |
|                          | DCEd            | 46.70        | 3.79                       | 41.65         | 51.23         | 1.43                  |
|                          | DELNd           | 69.74        | 1.31                       | 68.09         | 71.82         | 0.50                  |
| <b>Dbasal 2 + 30% fp</b> | CONMSD          | 48.12        | 2.94                       | 43.93         | 53.07         | 1.11                  |
|                          | DMSd            | 69.96        | 1.07                       | 68.25         | 71.26         | 0.41                  |
|                          | DMOd            | 71.16        | 1.09                       | 69.47         | 72.43         | 0.41                  |
|                          | DPCd            | 60.89        | 3.79                       | 53.51         | 65.28         | 1.43                  |
|                          | DEBd            | 68.48        | 1.28                       | 66.50         | 70.10         | 0.48                  |
|                          | DEEd            | 65.07        | 2.43                       | 61.59         | 68.33         | 0.92                  |
|                          | DFCd            | 70.79        | 1.15                       | 68.94         | 72.40         | 0.44                  |
|                          | DCEd            | 55.50        | 2.18                       | 52.47         | 58.74         | 0.82                  |
|                          | DELNd           | 76.13        | 0.97                       | 74.40         | 77.19         | 0.37                  |

**Leyenda:** CONMD: consumo de materia seca dieta; DMSd: digestibilidad de la materia seca dieta; DMOd: digestibilidad de la materia orgánica dieta; DPCd: digestibilidad de la proteína cruda dieta; DEEd: digestibilidad del extracto etéreo dieta; DCEd: digestibilidad de la ceniza dieta; DFCd: digestibilidad de la fibra cruda dieta; DELNd: digestibilidad del extracto libre de nitrógeno dieta; DEBd: digestibilidad de la energía bruta dieta; Dbasal 1: dieta basal 1; Dbasal 1 + 45% at: dieta afrecho de trigo; Dbasal 2: dieta basal 2; Dbasal 2 + 30% fp: dieta harina del grano del frejol de palo; at: afrecho de trigo; fp: harina del grano del frejol de palo

**Anexo 21. Análisis estadístico descriptivo de coeficiente de digestibilidad de las materias primas en estudio**

| <b>Materias primas</b>                     | <b>Etiqueta</b> | <b>Media</b> | <b>Desviación estándar</b> | <b>Mínimo</b> | <b>Máximo</b> | <b>Error estándar</b> |
|--------------------------------------------|-----------------|--------------|----------------------------|---------------|---------------|-----------------------|
| <b>Afrecho de trigo</b>                    | DMSmp           | 62.01        | 10.64                      | 48.75         | 79.64         | 4.02                  |
|                                            | DMOmp           | 61.92        | 9.56                       | 50.25         | 77.57         | 3.61                  |
|                                            | DPCmp           | 75.19        | 9.99                       | 60.80         | 89.13         | 3.78                  |
|                                            | DEBmp           | 61.50        | 9.74                       | 49.97         | 77.71         | 3.68                  |
|                                            | DEEmp           | 51.20        | 12.78                      | 33.11         | 69.39         | 4.83                  |
|                                            | DFCmp           | 68.38        | 9.54                       | 59.39         | 84.03         | 3.60                  |
|                                            | DCEmp           | 43.67        | 17.08                      | 20.65         | 73.00         | 6.46                  |
|                                            | DELNmp          | 52.46        | 14.25                      | 28.62         | 71.62         | 5.39                  |
| <b>Harina del grano del frejol de palo</b> | DMSmp           | 76.30        | 3.48                       | 70.78         | 80.54         | 1.31                  |
|                                            | DMOmp           | 73.58        | 3.48                       | 68.13         | 77.63         | 1.32                  |
|                                            | DPCmp           | 59.93        | 8.51                       | 43.33         | 69.80         | 3.22                  |
|                                            | DEBmp           | 68.62        | 3.97                       | 62.48         | 73.67         | 1.50                  |
|                                            | DEEmp           | 55.79        | 7.86                       | 44.52         | 66.37         | 2.97                  |
|                                            | DFCmp           | 77.96        | 3.74                       | 71.98         | 83.19         | 1.41                  |
|                                            | DCEmp           | 75.21        | 7.04                       | 65.37         | 85.69         | 2.66                  |
|                                            | DELNmp          | 90.44        | 3.13                       | 84.83         | 93.87         | 1.18                  |

**Leyenda:** DMSmp: digestibilidad de la materia seca materia prima; consumo de materia seca dieta; DMOmp: digestibilidad de la materia orgánica materia prima; DPCmp: digestibilidad de la proteína cruda materia prima; DEEmp: digestibilidad del extracto etéreo materia prima; DCEmp: digestibilidad de la ceniza materia prima; DFCd: digestibilidad de la fibra cruda materia prima; DELNmp: digestibilidad del extracto libre de nitrógeno materia prima; DEBmp: digestibilidad de la energía bruta materia prima

**Anexo 22. Análisis estadístico descriptivo de valoración nutritiva de PCD, EED, FCD (%) y ED (kcal/kg MS) de las materias primas en estudio**

| <b>Materia prima</b>                       | <b>Etiqueta</b> | <b>Media</b> | <b>Desviación estándar</b> | <b>Mínimo</b> | <b>Máximo</b> | <b>Error estándar</b> |
|--------------------------------------------|-----------------|--------------|----------------------------|---------------|---------------|-----------------------|
| <b>Afrecho de trigo</b>                    | PCDmp           | 15.17        | 2.02                       | 12.26         | 17.98         | 0.76                  |
|                                            | FCDmp           | 24.28        | 3.39                       | 21.08         | 29.83         | 1.28                  |
|                                            | EEDmp           | 1.33         | 0.33                       | 0.86          | 1.80          | 0.13                  |
|                                            | CEmp            | 1.13         | 0.44                       | 0.53          | 1.89          | 0.17                  |
|                                            | ELNDmp          | 18.64        | 5.06                       | 10.17         | 25.45         | 1.91                  |
|                                            | EDmp            | 2 795        | 442.72                     | 2 271         | 3 531         | 167.33                |
| <b>Harina del grano del frejol de palo</b> | PCDmp           | 14.47        | 2.06                       | 10.46         | 16.86         | 0.78                  |
|                                            | FCDmp           | 29.78        | 1.43                       | 27.50         | 31.78         | 0.54                  |
|                                            | EEDmp           | 1.80         | 0.25                       | 1.43          | 2.14          | 0.10                  |
|                                            | CEmp            | 3.11         | 0.29                       | 2.71          | 3.55          | 0.11                  |
|                                            | ELNDmp          | 27.39        | 0.95                       | 25.70         | 28.43         | 0.36                  |
|                                            | EDmp            | 3 003        | 173.61                     | 2 734         | 3 224         | 65.62                 |

**Leyenda:** PCDmp: proteína cruda digestible materia prima; EEDmp: extracto etéreo digestible materia prima; CEDmp: ceniza digestible materia prima; FCDmp: fibra cruda digestible materia prima; DELND: extracto libre de nitrógeno digestible materia prima; EDmp: energía digestible materia prima

**Anexo 23. Análisis estadístico descriptivo de valoración nutritiva de ED (kcal/kg MS) de las dietas experimentales**

| <b>Dietas</b>            | <b>Etiqueta</b> | <b>Media</b> | <b>Desviación estándar</b> | <b>Mínimo</b> | <b>Máximo</b> | <b>Error estándar</b> |
|--------------------------|-----------------|--------------|----------------------------|---------------|---------------|-----------------------|
| <b>Dbasal 1</b>          | EDd             | 2 977        | 60.88                      | 2 907.49      | 3 078.35      | 23.01                 |
| <b>Dbasal 1 + 45% at</b> | EDd             | 2 896        | 197.38                     | 2 662.15      | 3 224.03      | 74.60                 |
| <b>Dbasal 2</b>          | EDd             | 2 818        | 59.83                      | 2 732.07      | 2 902.71      | 22.61                 |
| <b>Dbasal 2 + 30% fp</b> | EDd             | 2 875        | 53.64                      | 2 792.26      | 2 943.56      | 20.27                 |

**Leyenda:** Dbasal 1: dieta basal 1; Dbasal 1 + 45% at: dieta afrecho de trigo; Dbasal 2: dieta basal 2; Dbasal 2 + 30% fp: dieta harina del grano del frejol de palo; at: afrecho de trigo; fp: harina del grano del frejol de palo; EDd: energía digestible dieta