

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA



**DETERMINACIÓN DEL VALOR NUTRITIVO Y ENERGÉTICO DEL
TARWI (*Lupinus mutabilis sweet*) PARA CUYES**

TESIS para optar el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

MAGDALENA MERCEDES IRIGOIN PERALTA

TRUJILLO, PERÚ

2016

La presente tesis ha sido revisada y aprobada por el siguiente jurado:

Ing. Dr. Wilson Lino Castillo Soto
PRESIDENTE

Ing. Mg. César Honorio Javes
SECRETARIO

M.V. Mg. Enrique López Jiménez
VOCAL

M.V. Mg. César Leopoldo Lombardi Pérez
ASESOR

DEDICATORIA

Al culminar esta importante etapa de mi vida, dedico esta tesis a:

Dios mi amor y agradecimiento, por darme fortaleza, paciencia y sabiduría para afrontar los retos de la vida y guiarme hasta donde he llegado, porque hicieron realidad este sueño anhelado.

A mi querida madre, Indolina Peralta Coronel, por ser mi apoyo incondicional, por estar junto a mí en los momentos más difíciles, por sus consejos para seguir adelante.

A mi hijo, Tahir Maykel Villacorta Irigoin, el cual es mi mayor motivación, inspiración y felicidad, por él siento que debo ser mejor cada día y lograr todas mis metas.

A mi esposo, Jin Jander Villacorta Rodríguez, por su gran apoyo incondicional y confianza.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Wilson Castillo Soto, Profesor y Director de la Escuela Profesional de Medicina Veterinaria Y Zootecnia de la Universidad Privada Antenor Orrego, por su valiosa orientación como colaborador del presente trabajo.

Al Dr. César Lombardi Pérez, Profesor y Decano de la Escuela Profesional de Medicina Veterinaria Y Zootecnia de la Universidad Privada Antenor Orrego, por su gran apoyo en el presente trabajo.

A la Microbióloga Roxana Mendoza, por brindarme su apoyo, confianza y colaboración durante el proceso de realización del presente trabajo.

A mis queridos docentes de pregrado por sus enseñanzas, consejos y estímulos que contribuyeron a mi formación profesional.

Finalmente, gracias a todas las personas que de una u otra manera colaboraron con la realización de esta meta.

ÍNDICE

	Pág.
Carátula	i
Aprobación por el Jurado de Tesis	ii
Dedicatoria	iii
Agradecimiento.....	iv
Índice.....	v
Índice de Cuadros.....	vii
Índice de Figuras	viii
Índice de Anexos	ix
Resumen	x
Abstract	xi
I. INTRODUCCIÓN	
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	
2.1. Anatomía y proceso digestivo del cuy	2
2.1.1 Cecotrofia	2
2.2. Alimentación del cuy.....	3
2.3. Coeficiente de digestibilidad	3
2.3.1 Digestibilidad de la proteína	4
2.3.2 Digestibilidad de la energía	4
2.3.3 Digestibilidad de la fibra cruda.....	4
2.4. Aspectos generales del tarwi.....	5
2.5. Composición química del tarwi (g/100).....	5
2.6. Propiedades Físico – químicas generales de los alcaloides.....	7
2.6.1 Alcaloides del tarwi	8
2.6.2 Propiedades físico - químicas de los alcaloides del Tarwi.....	8

2.7.	Eliminación del alcaloide	9
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	
3.1.	Lugar de ejecución.....	10
3.2.	Instalaciones y Animales.....	10
3.3.	Proceso de Obtención de la harina del tarwi.....	10
3.4.	Alimentación y Colección de heces.....	11
3.5.	Desinfección y Sanidad.....	12
3.6.	Metodología del ensayo metabólico.....	12
3.7.	Variables a determinar en harina de tarwi.....	12
3.8.	Análisis químico proximal de alimento y heces (Método AOAC, 1997).....	12
3.9.	Cálculo de los coeficientes de digestibilidad.....	13
IV.	RESULTADOS	
4.1.	Determinación del valor nutritivo de la harina de tarwi	14
V.	DISCUSIÓN	
5.1.	Composición química de la harina de tarwi	17
5.2.	Coeficientes de digestibilidad y valor energético	17
VI.	CONCLUSIONES	20
VII.	RECOMENDACIONES.....	21
VIII.	BIBLIOGRAFÍA	22
IX.	ANEXOS.....	25

ÍNDICE DE CUADROS

Pág.

Cuadro 1. Composición química del tarwi por 100 gramos de porción comestible	6
Cuadro 2. Contenido de aminoácidos (g/100g).	6
Cuadro 3. Contenido de ácidos grasos (mg/100g).	7
Cuadro 4. Composición porcentual y nutricional de la dieta base para cuyes en crecimiento ¹	11
Cuadro 5. Composición nutricional y coeficientes de digestibilidad de la dieta base, la dieta prueba y harina de tarwi. En base a la Segunda Materia Seca	14
Cuadro 6. Nutrientes digestibles de la dieta base, dieta prueba y harina de tarwi determinados en el experimento	15

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Valores de nutrientes totales y digestibles de la harina de tarwi.....	16

ÍNDICE DE ANEXOS

Pág.

Cuadro 1. Composición nutricional de la dieta base, dieta prueba y de la harina de tarwi obtenida en el análisis proximal.....	25
Cuadro 2. Consumo de alimento diario en el periodo total. En base a la segunda materia seca.....	25

RESUMEN

El presente estudio se realizó en un módulo experimental de la Universidad Privada Antenor Orrego Trujillo para evaluar la digestibilidad de la harina de tarwi (*Lupinus mutabilis* sweet), estimando su valor energético para incluirla en la formulación de raciones para cuyes. Se utilizaron diez cuyes machos de dos meses de edad de la raza Perú, se consideró un animal por jaula metabólica acondicionada para coleccionar las heces. Para la alimentación se consideraron dos dietas: dieta basal (DB) y dieta prueba (DP). La dieta prueba constituida por 75 % de dieta basal y 25 % de harina de tarwi. Se determinó que la harina de tarwi, presenta alto contenido de proteína bruta (49.92 %), extracto etéreo (27.66 %), bajo contenido de fibra cruda (7.75 %) y un contenido de 5003.24 kcal de energía digestible/kg, que permiten ser considerada en la formulación de raciones para cuyes.

ABSTRACT

This study was conducted in an experimental module Trujillo Antenor Orrego Private University to evaluate the digestibility of lupine flour (*Lupinus mutabilis* sweet), estimating the energy value for inclusion in ration formulation for guinea pigs. Ten male guinea pigs two months of the Peru race were used, an animal considered by metabolic cage equipped to collect feces. Basal diet (DB) and test diet (DP) for feeding two diets were considered. The test diet consisting of 75 % of basal diet and 25 % lupine flour. It was determined that the flour tarwi, presents high crude protein content (49.92 %), ether (27.66 %) extract, low crude fiber content (7.75 %) and a content of 5003.24 kcal of digestible / kg energy, allowing be considered in formulating rations for guinea pigs.

I. INTRODUCCIÓN

Uno de los principales problemas que enfrenta la humanidad es la falta de alimentos con alto valor nutritivo, estables y económicos; ésta marcada deficiencia obliga a buscar fuentes alimenticias no tradicionales provenientes de especies animales, entre ellas el cuy.

La crianza de cuyes tiene ventajas favorables por tener un ciclo reproductivo corto, facilidad de adaptación a diferentes ecosistemas y de alimentación versátil.

Los costos en alimentación representan el 60 – 70 % del manejo en la crianza del cuy, por lo que es necesario, utilizar diferentes fuentes alimenticias para ser incluidas en la formulación de dietas que logren mejorar los índices de producción y rentabilidad en esta importante actividad pecuaria.

Uno de los insumos vegetales alternativos es el tarwi (*Lupinus mutabilis* sweet), conocido en la región andina como “chocho”, de período vegetativo corto, considerable producción anual, bajo costo, alto contenido proteico y energético y alta digestibilidad, bondades que permiten utilizarlo como componente importante en la formulación de alimentos balanceados para la producción animal.

Para evaluar la eficiencia biológica del cuy a través de la digestibilidad, se ha incorporado harina de tarwi en la dieta y estimar su valor energético.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Anatomía y proceso digestivo del cuy.

EL Cuy (*cavia porcellus*), especie herbívora monogástrica, tiene un estómago donde inicia su digestión enzimática y un ciego funcional donde se realiza la fermentación bacteriana, su mayor o menor absorción depende de la composición de la ración. Realiza cecotrofia para reutilizar el nitrógeno, lo que permite un buen comportamiento productivo con raciones de niveles bajos o medios de proteína (Chauca, 1997).

La flora bacteriana existente en el ciego permite un buen aprovechamiento de la fibra (Reid y otros 1993, citado por Chauca, 1997). La producción de ácidos grasos volátiles, síntesis de proteína microbial y vitaminas del complejo B la realizan microorganismos, en su mayoría bacterias gram-positivas, que pueden contribuir a cubrir sus requerimientos nutricionales por la reutilización del nitrógeno a través de la cecotrofia, que consiste en la ingestión de las cagarrutas (Holstenius y otros 1992, citado por Chauca, 1997).

Las especies animales aprovechan de forma diferente los alimentos, siendo esa variación cuantificada a través de los coeficientes de digestibilidad; Andrigueto y otros (1982), definieron a la digestibilidad de una dieta como la habilidad con que el animal digiere y absorbe los nutrientes y aprovecha la energía contenida en la misma.

2.1.1 Cecotrofia

La ingestión de las cagarrutas permite aprovechar la proteína contenida en la célula de las bacterias presentes en el ciego, asimismo permite reutilizar el nitrógeno proteico y no proteico que no

alcanzó a ser digerido en el intestino delgado. Estas pruebas permiten estimar por diferencia la fracción de alimento que deja de ser aprovechada cuando se impide realizar la cecotrófia. (Chauca, 1997),

2.2. Alimentación del cuy

Los nutrientes requeridos por los cuyes en términos cualitativos, son similares a los requeridos por otras especies domésticas y están constituidos por proteínas, carbohidratos, lípidos, minerales y vitaminas. Cuantitativamente, las necesidades relativas de los diferentes nutrientes dependen de la edad, genotipo, estado fisiológico y medio ambiente (Vergara, 1992 mencionado por Villegas, 1993).

2.3. Coeficiente de digestibilidad

El valor nutricional de un alimento o ingrediente se basa tanto en la composición química de éste, como en la proporción en que el pez puede absorberlo y utilizarlo (NRC, 1993). Por tanto, la necesidad de contar con herramientas confiables para el estudio de la utilización de ingredientes se ha traducido en el desarrollo de numerosos métodos para determinar la proporción de nutriente que es absorbido por un animal (Vandenberg y otros, 2001).

Digestión, estrictamente hablando, es la transformación de los alimentos en el intestino a través de procesos mecánicos, químicos y enzimáticos en sus partes constituyentes, volviéndolas solubles y disponibles para su absorción. Absorción es el proceso por el cual las moléculas e iones son absorbidos por los tejidos celulares del intestino. Digestibilidad por tanto es una medida de la capacidad biológica de un nutriente o energía de un alimento o ingrediente (Stickney, 2000), es decir la fracción de un ingrediente o energía en el alimento ingerido que no es excretado a través de las heces (NRC, 1993).

2.3.1. Digestibilidad de la proteína

El cuy digiere la proteína de los alimentos fibrosos de manera menos eficiente; en tanto, los alimentos energéticos y proteicos son utilizados en forma más eficiente en comparación con los rumiantes, debido a la característica digestiva de tener primero una digestión enzimática en el estómago e intestino delgado y luego una digestión microbiana a nivel del ciego y colon (Mollo, 1994).

2.3.2. Digestibilidad de la energía

Los carbohidratos, lípidos y proteínas proveen de energía al animal. Los más disponibles son los carbohidratos, fibrosos y no fibrosos, contenido en los alimentos de origen vegetal (Chauca, 1997).

2.3.3. Digestibilidad de la fibra cruda

Los porcentajes de fibra de concentrados utilizados para la alimentación de cuyes van de 5 al 18 %. Cuando se trata de alimentar a los cuyes como animal de laboratorio, donde solo reciben como alimento una dieta balanceada, ésta debe tener porcentajes altos de fibra. Este componente tiene importancia en la composición de las raciones no solo por la capacidad que tienen los cuyes de digerirla, sino que su inclusión es necesaria para favorecer la digestibilidad de otros nutrientes, ya que retarda el pasaje del contenido alimenticio a través de tracto digestivo (Chauca,1997)

2.4. Aspectos generales del tarwi

El tarwi o chocho (*Lupinus mutabilis* sweet) es una leguminosa de alto valor nutritivo, que se distingue por su contenido de proteína y por sus características agronómicas, como: rusticidad, capacidad de fijar nitrógeno atmosférico a la planta, adaptabilidad a medios ecológicos más secos, ubicados entre 2800 y 3600 ms.n.m. El cultivo se realiza en forma tradicional, observándose plantas de chocho asociadas con maíz, papa, melloco, en parcelas de pequeños agricultores o en monocultivos con visión comercial (Aguirre, 2004).

2.5. Composición química del tarwi (g/100)

Las semillas son altamente nutritivas, las proteínas y aceites constituyen más de la mitad de su peso. El valor nutritivo del chocho varía en función del grado de humedad que contiene y de la presencia o ausencia de cáscara, tal como se puede observar en los Cuadros 1 y 2. Los valores que se incrementan son la proteína y el valor energético.

Estas semillas contienen sustancias amargas, tóxicas; por lo que para consumirlas es necesario extraer esas sustancias que son 18 tipos de alcaloides, encontrándose el 93 % de estos en las semillas; entre ellos los que se anotan: Lupanina, Esparteína, 13 hidroxilupanina y 4 hidroxilupanina, el resto de los alcaloides corresponden al 7 % (Dávila, 1987).

Cuadro 1. Composición química del tarwi por 100 gramos de porción comestible

Elemento	Tarwi			
	Tarwi cocido con cáscara ¹	Tarwi crudo sin cáscara ¹	Harina Tarwi ¹	Tarwi desamargado ²
Energía Digestible, kcal/kg	1510.00	2770.00	4580.00	4550.00
Agua, g	69.70	46.30	37.00	35.00
Proteína, g	11.60	17.30	49.60	54.10
Grasa, g	8.60	17.50	27.90	21.20
Carbohidratos, g	9.60	17.30	12.90	13.40
Fibra, g	5.30	3.80	7.90	10.40
Ceniza, g	0.60	1.60	2.60	2.50
Calcio, mg	30.00	54.00	93.00	48.00
Fósforo, mg	123.00	262.00	440.00	430.00
Hierro, mg	1.40	2.30	1.38	1.20

Adaptado de Fuente: ¹Dávila (1987).

²Allauca (2005).

Cuadro 2. Contenido de aminoácidos (g/100g).

Aminoácido	%	Aminoácido	%
Cisteína	1.4	Fenilalanina	3.7
Metionina	0.8	Tirosina	3.5
Lisina	5.3	Treonina	3.6
Isoleucina	4.4	Triptófano	1.0
Leucina	7.2		

Fuente: Dávila (1987).

Cuadro 3. Contenido de ácidos grasos (g/100g).

Ácidos Grasos	Tarwi desamargado
Palmítico	11.28
Palmitoleico	0.16
Esteárico	7.30
Oleico	52.53
Linoleico	28.40
Linolénico	2.98

Fuente: Gross (1982)

2.6. Propiedades Físico – químicas generales de los alcaloides

Los alcaloides constituyen una protección natural de la planta, las variedades que presentan alcaloides tienen menos defensas a determinados insectos y ciertos parásitos. Es decir, intervienen en la relación plantas – depredadores, protegiendo a los primeros frente a las agresiones de los segundos. Las bases de alcaloides son normalmente sólidas cristalizadas, mientras que las bases no oxigenadas son líquidas a temperatura ambiente, raramente coloreados.

En general los alcaloides bases son muy poco solubles en agua, solubles en disolventes orgánicos y en alcoholes. Al ser básicos, los alcaloides forman sales con ácidos minerales y orgánicos y estos en cambio son solubles en agua y alcohol e insoluble en disolventes orgánicos. La formación de sales estabiliza la molécula, por lo que comercialmente los alcaloides se encuentran en estado de sales (Bruneton, 1991).

2.6.1. Alcaloides del tarwi

Los alcaloides están distribuidos en toda la planta, la parte aérea es el lugar de síntesis y luego son transferidos a los frutos y semillas durante la maduración. Su Concentración disminuye con la edad de la hoja. El porcentaje en semillas varía según la especie. Las concentraciones van del 0,1 % al 3 %. El principal alcaloide presente en mayor proporción en casi todas las especies es la lupanina (Peralta y Otros, 2009).

Los alcaloides del lupino pertenecen al grupo de los alcaloides quinolizidínicos, ya que poseen el anillo estructural de la quinolizidina. Estos alcaloides se derivan de la Usina, y su biosíntesis es compleja (Bruneton, 1991).

2.6.2. Propiedades físico – químicas de los alcaloides del tarwi

Los principales alcaloides encontrados en el tarwi son: Lupanina (46 %), esparteína (14 %), 4-hidroxlupanina (10 %), isolupanina (3 %), n-metilangustifolina (3 %), 13-hidroxlupanina (1 %), los mismos que posee propiedades alcalinas, debido a la presencia de nitrógeno básico formado por lo general núcleos heterocíclicos. Estos en forma libre son insolubles en agua, poco solubles en alcohol y solubles en éter y cloroformo, la mayoría posee oxígeno en su estructura y son sólidos no volátiles, sin embargo, algunos no contienen oxígeno como la esparteína, siendo líquida a temperatura ambiente (Bruneton, 1991).

2.7. Eliminación del Alcaloide

El sabor amargo característico del tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet), se debe a la presencia de los alcaloides, como: lupanina, esparteína, hidroxilupanina; lo que impide el consumo directo, por lo que se debe realizar algunos pasos después de la cosecha y antes de la industrialización. Los procesos más estudiados para el desamargado son: Extracción mediante alcohol, Extracción mediante óxido de etileno, Extracción mediante agua (Gross, 1982).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

Este ensayo se realizó en un galpón diseñado para cuyes en las instalaciones del fundo Upao II de la Universidad Privada Antenor Orrego. Las pruebas de digestibilidad y análisis químico proximal se realizaron en el laboratorio de medicina veterinaria (Meve) del campus principal.

3.2. Instalaciones y animales

Se dispusieron de diez jaulas metabólicas circulares (23 cm de diámetro), ubicadas a 80 cm de altura y acondicionadas con un embudo en la base para coleccionar las heces y orina. Cada jaula estuvo provista de un comedero y bebedero para el agua.

3.3. Proceso de obtención de la harina de tarwi

La materia prima en grano, previo control de calidad y libre de impurezas, fue lavada y remojada en agua potable a temperatura ambiente por 36 horas, cada 12 horas se cambió el agua.

Posteriormente, en una olla a presión se sometió a cocción por 30 minutos, se escurrió y se procedió a deshidratar en estufa a 65° C con una humedad relativa de 60 % por 48 horas. El producto obtenido fue molido en partículas menores a 500 µm de diámetro hasta obtener un preparado farinoso, considerando la humedad y rendimiento.

3.4. Alimentación y colección de heces

Se utilizaron diez cuyes machos de dos meses de edad de la raza Perú, se consideró un animal por jaula metabólica acondicionada para coleccionar las heces. Para la alimentación se consideraron dos dietas: dieta basal (DB) y dieta prueba (DP); la dieta prueba constituida por 75 % de dieta basal y 25 % de harina de tarwi. Las dietas se suministraron por las mañanas y la recolección de heces se realizó luego de 24 horas. Las muestras de heces fueron pesadas, secadas y almacenadas en refrigeración hasta su análisis correspondiente.

Cuadro 4. Composición porcentual y nutricional de la dieta base para cuyes en crecimiento¹

Ingredientes ¹	%
Afrecho de trigo	8.50
Maíz	63.51
Torta de soya	23.36
Sal común	0.50
Premezcla de vitaminas y minerales	0.10
Carbonato de calcio	1.00
Fosfato fosbic	3.00
Zic Bcitracina – BMD	0.05
Valor Nutritivo	
Proteína, %	18.00
ED, kcal/kg	3000.00
Fibra, %	9.47
Metionina, %	1.05
Calcio, %	0.77
Fósforo, %	0.40

¹Composición de ingredientes y requerimientos nutricionales basado en NRC (1993).

3.5. Desinfección y Sanidad

Previamente, las instalaciones y equipos se desinfectaron con detergente y soluciones químicas. Los animales fueron desparasitados.

3.6. Metodología del ensayo metabólico

El ensayo metabólico duró diez días, cinco días de adaptación a la dieta y cinco días para la colecta de heces y orina por separado.

Los animales fueron agrupados por su peso uniforme, grupo y repetición. Se suministró la dieta y se pesó el sobrante, el suministro de agua fue constante mediante bebederos automáticos. Al sexto día se empezó la colección de las muestras de heces y orina.

3.7. Variables a determinar en harina de tarwi

- Coeficiente de digestibilidad (CD) para: proteína bruta, fibra cruda, extracto etéreo, cenizas y extracto libre de nitrógeno.
- Energía digestible (ED).

3.8. Análisis químico proximal de alimentos y de heces (Método AOAC, 1997)

Las muestras de la dieta base, dieta prueba, harina de tarwi y las heces fueron acondicionadas en laboratorio para realizar los análisis de:

- materia seca
- proteína bruta
- fibra cruda
- extracto etéreo

- cenizas y
- extracto libre de nitrógeno

3.9. Cálculo de los coeficientes de digestibilidad.

Para la determinación de los coeficientes de digestibilidad y de la energía digestible, se utilizó el método de determinación indirecto por colecta total descrito por Matterson y otros (1965).

$$\text{NDIE (\%)} = \frac{\text{ND1} + (\text{ED2} - \text{ND1})}{\text{IN}}$$

Donde:

NDIE = Nutriente digestible del insumo en estudio.

ND1 = Nutriente digestible de la dieta basal.

ND2 = Nutriente digestible de la dieta prueba.

IN = Porcentaje de inclusión del insumo en estudio en la dieta prueba.

IV. RESULTADOS

4.1. Determinación del valor nutritivo de la harina de tarwi

En el Cuadro 4, se muestra los nutrientes totales y coeficientes de digestibilidad de la dieta base, dieta prueba y de harina de tarwi; observándose que la proteína bruta (PB) y extracto etéreo (EE) de la dieta prueba son mayores que la dieta base, sin embargo los coeficientes de digestibilidad de ambos nutrientes son similares. En la harina de tarwi se observan elevados porcentajes de proteína bruta (PB) y extracto etéreo (EE), con sus correspondientes elevados coeficientes de digestibilidad y bajo coeficiente de digestibilidad de Fibra cruda (FC).

Cuadro 5. Composición nutricional y coeficientes de digestibilidad de la dieta base, la dieta prueba y harina de tarwi. En base a la Segunda Materia Seca.

Nutrientes	Fracciones ¹ (%)				
	MS	PB	EE	FC	ELN
Dieta base					
Nutrientes Totales	87.27	22.21	5.22	9.20	44.64
Coefficientes de digestibilidad	91.52	91.87	92.00	91.77	92.53
Dieta Prueba					
Nutrientes Totales	88.29	28.30	10.89	8.00	34.00
Coefficientes de digestibilidad	92.02	91.12	92.33	90.52	94.55
Harina de Tarwi					
Nutrientes Totales	93.34	49.92	27.66	7.75	6.50
Coefficientes de digestibilidad	87.87	86.89	96.90	52.47	91.69

¹ Fracciones: MS= Materia Seca, PB= Proteína Bruta, EE= Extracto Etéreo, FC= Fibra Cruda, ELN= Extracto libre Nitrógeno.

En el cuadro 5, se muestran los nutrientes digestibles de la dieta base, dieta prueba y de la harina de tarwi calculado a partir de los nutrientes totales y los coeficientes de digestibilidad. El valor energético de la harina de tarwi fue determinado en términos de nutrientes digestibles totales (NDT) y energía digestible (ED), considerándose a este insumo como altamente energético por su apreciable contenido de proteína digestible (PD) y extracto etéreo digestible (EED).

Cuadro 6. Nutrientes digestibles de la dieta, dieta prueba y de la harina de tarwi determinados en el experimento.

	Nutrientes digestibles ¹ (%)					Valor energético ²	
	MSD	PD	EED	FD	ELND	NDT (%)	ED (kcal/kg)
Dieta base	79.87	20.40	4.80	8.44	41.31	-	-
Dieta Prueba	81.24	25.79	10.05	7.24	32.15	-	-
Harina de Tarwi	82.02	43.38	26.8	4.07	5.96	113.71	5003.24

¹ Nutrientes digestibles: MSD= Materia Seca digestible, PD= Proteína digestible, EED= Extracto Etéreo digestible, FD= Fibra digestible, ELND= Extracto libre Nitrógeno digestible

² Valor energético: NDT= Nutrientes digestibles totales; NDT= PD+FD+ELND+EED*2.25. 1 kg

NDT= 4400 kcal/kg ED. ED= energía digestible.

Fuente: Maynard, 1992.

Los nutrientes digestibles pueden ser observados en la figura donde se aprecia la gran proporción de estos, en relación a sus nutrientes totales respectivos.

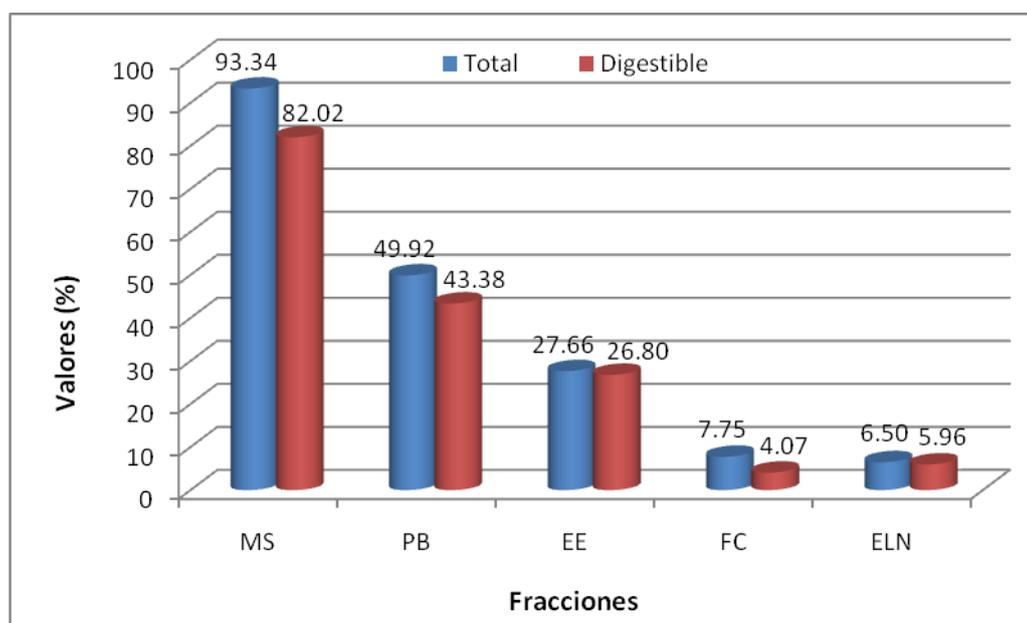


Figura 1. Valores de nutrientes totales y digestibles de la harina de tarwi.

V. DISCUSIÓN

5.1 Composición química de la harina de tarwi

Para el presente trabajo de investigación, el tarwi tuvo que pasar por un proceso de obtención de harina, para esto se cumplieron las siguientes operaciones, que consistió en remojado, lavado, cocción, secado y finalmente molienda, obteniéndose así la harina de tarwi en partículas de diámetro menor a 500 μm de diámetro, para una mejor facilidad de consumo en los cuyes. Debido a que el tarwi posee un sabor amargo, por la presencia de alcaloides, como: lupanina, esparteína, hidroxilupaninalo, lo que impide su consumo directo, por lo que se debe realizar algunos pasos después de la cosecha y antes de la industrialización (Gross, 1982).

Según los datos obtenidos en la composición de la harina de tarwi, se ha encontrado un alto contenido de nutrientes, donde se destaca la proporción de proteína bruta y extracto etéreo, (49.92 % y 27.66 % respectivamente). Según ésta composición, la harina de tarwi se clasifica como fuente proteica (NRC, 1982). Estos datos permiten considerar al tarwi como un insumo altamente nutritivo, debido a sus proteínas y aceites que constituyen más de la mitad de su peso. Los valores obtenidos son similares a los reportados por Dávila (1987), quién determinó valores de 49.6 % de proteína bruta y 27.9 % de extracto etéreo. La harina de tarwi tiene un elevado contenido de ácidos grasos, con mayor predominancia del ácido oleico con un 53.9 %, ácido linoleico 25.9 % y ácido linolénico 2.6 %. Estos datos nos muestran su gran aporte energético (Gross, 1982).

5.2 Coeficientes de digestibilidad y valor energético

Para llevar a cabo esta investigación, se utilizaron dos dietas, de la cual se formuló una dieta experimental, distribuyendo a los cuyes en dos

grupos, el primer grupo recibió la dieta base y el segundo la dieta prueba, constituida por dieta base (75 %) más harina de tarwi (25 %).

En la harina de tarwi se observaron elevados coeficientes de digestibilidad, tanto de proteína bruta, extracto etéreo y extracto libre de nitrógeno. Esto debido a que el cuy es una especie monogástrica y digiere los alimentos energéticos y proteicos, lo cual son utilizados en forma más eficiente en comparación con los rumiantes (Mollo, 1994). Sin embargo el coeficiente de digestibilidad de la fibra cruda da 52.47 %, se considera bajo; por qué los animales no tienen enzimas propias para digerir la fibra de los alimentos; una ventaja que tiene el cuy frente a otros monogástricos es que tiene un ciego agrandado donde se realiza la fermentación por causa de los microorganismos y son las enzimas de estos los que generan la degradación de la fibra. Pero como este ciego se encuentra ubicado al final del sistema digestivo, la cecotrofia practicada por los cuyes permite aprovechar los nutrientes digeridos en el ciego al tener una segunda oportunidad de pasar por los lugares de absorción de nutrientes localizados en el intestino delgado (Chauca, 1997).

Este insumo es considerado altamente proteico y energético, por su contenido de proteína digestible (PD) 43.38 % y extracto etéreo (EE) 26.8 %. Esto debido a que el tarwi posee nueve aminoácidos esenciales en su composición, siendo el triptófano y la metionina con el porcentaje menos representativo en el tarwi. Son altamente digestibles, debido a su elevado contenido de proteína y grasa existente en el tarwi (Dávila, 1987). Sin embargo su fibra digestible es baja, en parte por el bajo coeficiente de digestibilidad y también debido a que su proteína digestible y extracto etéreo son considerablemente altos.

El valor energético de la harina de tarwi, estimado para los cuyes es de 5003.24 kcal de energía digestible/kg, este valor permite clasificarlo como altamente energético, por consiguiente es adecuado para la nutrición de los cuyes el cual podrá ser considerado en la formulación de las dietas, permitiendo atender fácilmente a las necesidades energéticas de los animales en sus diferentes fases, cubriendo óptimamente los requerimientos de energía, en animales en crecimiento. El valor determinado en este estudio es superior al valor energético para humanos reportado por Allauca (2005), que fue de 4550 kcal de energía digestible/kg de tarwi desamargado.

VI. CONCLUSIÓN

- La harina de tarwi (*Lupinus mutabilis* sweet), presenta alto contenido de proteína bruta (49.92 %), extracto etéreo (27.66 %) y bajo contenido de fibra cruda (7.75 %).
- El coeficiente de digestibilidad de la harina de tarwi, con excepción de la fibra cruda (52.47 %), es elevado y superior a 86 %.
- El valor energético de la harina de tarwi estimado para los cuyes, es de 5003.24 kcal de energía digestible/kg, considerándose altamente energético.

VII. RECOMENDACIONES

- Incluir en la dieta de cuyes harina de tarwi (*Lupinus mutabilis* sweet) como fuente proteica y energética.
- Realizar ensayos con diferentes porcentajes de harina de tarwi en la dieta para cuyes.

VII. BIBLIOGRAFIA

- AGUIRRE, G. (2004). Los granos Andinos: Quinoa (*Chenopodium quinoa* W.), Chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) y el Amaranto o Ataco (*Amaranthus spp.*) en el Ecuador. XI CONGRESO INTERNACIONAL DE CULTIVOS ANDINOS.
- ALLAUCA, V. 2005. Desarrollo de la Tecnología de Elaboración de Chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) Germinado Fresco, para aumentar el valor nutritivo del grano. Tesis previa a la obtención del título de Doctora en Bioquímica y Farmacia. Riobamba, Ecuador. ESPOCH. p. 243.
- ANDRIGUETO, J. M., PERLY, L.; MINARDI, I. 1982. Nutrição animal. Paraná: Nobel, p. 395.
- AOAC AMERICAN OF ANALYTICAL CHEMIS (1997), Official methods of analysis. v. I y II. 16º ed. AOAC, Washington. p. 9 – 46.
- CHAUCA, L. 1997. Producción de cuyes (*cavia porcellus*) {en línea}: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO, (<http://www.fao.org/docrep>, documento, 15 enero 1014).
- BRUETON, J. 1991. Elementos de Fotoquímica y Farmacología. - Trad. Por. Ángel Villar del Fresno.se. Zaragoza, España. Edit. Acriba. p. 12-14.
- DAVILA, J. 1987. El lupino como alimento humano proteína y aceite. Ambato, Ecuador. Edit. CONACYT. p. 1-21.

- GROSS, R. El cultivo y la utilización del tarwi (1982), Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación, Roma. p. 63-65.
- MATTERSON, L., POTTER, L., STUTZ, M., SINGSEN, E. 1965. The Metabolizable Energy of Feed ingredients for Chickens. University Connecticut. Research Report. 7:3-11.
- MOLLO, G. 1994. Digestibilidad de forrajes de invierno para la alimentación en cuyes (*Cavia aperea porcellus*). Tesis Licenciado en Biología. Cochabamba – Bolivia. Universidad Mayor de San Simón. Facultad de Biología. p. 109.
- NRC. National Research Council. 1993. Nutrient requirements of laboratory Animals, 3^o ed. National Academy Press. Revised. Washington. p. 103 – 124.
- NRC. National Research Council. 1982. Nutritional data for unite states and Canadian tables of feed. National Academy Press. Revised. Washington. p. 156.
- PERALTA, E., MAZON, N., MURILLO, A., MONAR, C. 2009. Manual Agrícola de Granos Andinos, Quito – Ecuador. p. 29.
- STICKNEY, R. 2000. Encyclopedia of Aquaculture. Texas Sea Grant College Program. Bryan, Texas. p. 15 – 50.
- VANDENBERG, G., AND DE LA NOÛE, J. 2001. Apparent digestibility comparison in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) assessed using three methods of faeces collection and three digestibility markers. Aquaculture Nutrition 7: 237-24

VILLEGAS N., C. 1993. Digestibilidad aparente de la alfalfa y del alimento concentrado empleados en ambos sexos de dos líneas de cuyes. Tesis Ing Agr. Cochabamba (Bol).Universidad Mayor de San Simón; Facultad de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y forestales "Martín Cárdenas"; Departamento de Zootecnia.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Composición nutricional de la dieta base, dieta prueba y de la harina de tarwi obtenida en el análisis proximal

Nutrientes	Dieta base (%)	Dieta prueba (%)	Harina de tarwi (%)
Materia Seca	87.27	88.29	93.34
Proteína Bruta	22.21	28.30	49.92
Extracto Etéreo	5.22	10.89	27.66
Fibra Cruda	9.20	8.00	7.75
Extracto libre de Nitrógeno	44.64	34.00	6.50
Ceniza	6.00	7.10	1.51

Anexo 2. Consumo de alimento diario en el periodo total. En base a la segunda materia seca.

Componentes	Unidad Experimental				
	I	II	III	IV	V
Dieta base 1	26.18	25.92	25.92	26.01	26.09
Dieta base 2	14.57	8.90	20.77	24.96	24.17
Dieta base 3	24.35	16.06	20.42	25.74	25.92
Dieta base 4	18.50	13.44	24.17	24.78	24.44
Dieta base 5	25.48	25.92	25.13	26.01	25.92
Dieta prueba 1	26.22	26.31	26.31	26.49	26.49
Dieta prueba 2	13.42	25.07	26.05	26.05	26.13
Dieta prueba 3	26.22	26.31	26.31	26.49	26.49
Dieta prueba 4	25.07	26.13	26.40	26.40	26.22
Dieta prueba 5	25.43	24.28	24.10	25.87	26.31