

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



**“DIGESTIBILIDAD Y VALOR ENERGÉTICO DE RESIDUOS DE  
QUINUA “JUPI” EN CUYES”**

**TESIS**

**PRESENTADO POR:**

**GERMÁN FÉLIX CALCINA CUCHUIRUMI**

**PARA OPTAR EL TÍTULO DE:**

**MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA**

**PUNO – PERÚ**

**2015**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO PUNO**  
**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**“Determinación de la digestibilidad y valor energético de residuos de quinua en cuyes”**

**TESIS**

PRESENTADA PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA**

**APROBADA POR:**

**Presidente de Jurado**

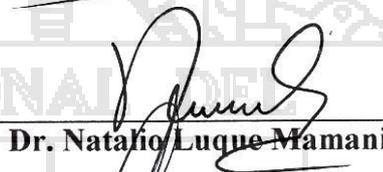
:



**Ph. D. José Luis Bautista Pampa**

**Primer miembro**

:



**Dr. Nataño Luque Mamani**

**Segundo miembro**

:



**Dr. Joel Guido Flores Checalla**

**Director de Tesis**

:



**Ph.D. Bernardo Roque Huanca**

**Asesor**

:



**Dr. Marcelino Jorge Aranibar Aranibar**

**Asesor**

:



**MVZ. Abimael Ortiz Chura**

**Asesor**

:



**Dr. Ciriaco Teodoro Zúñiga Zúñiga**

ÁREA : Nutrición animal

TEMA : Alimentos, forrajes no convencionales

**DEDICATORIA**

*Doy gracias a Dios Nuestro Señor  
y a la Virgen María por haberme  
permitido culminar una etapa más en  
mi vida Universitaria.*

*A mis padres, Idelfonso Calcina  
Mamani y Evarista Cuchirumi  
Chambi por haberme inculcado valores de  
responsabilidad, humildad y dedicación.*

*A mis herman@s, por a verme  
acompañado y brindado todo su apoyo  
moral, y depositados confianza en mi  
persona.*

*A mis familiares, amigos y compañeros,  
por brindarme sus más nobles y sencillos  
sentimientos, la amistad.*

## AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional del Altiplano Puno, la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia y al laboratorio de Nutrición Animal; gracias por acogerme en sus senos y darme la oportunidad de estudiar y a verme enseñado principios y valores, visiones futuras sobre la ganadería Puneña, y ser un profesional.

Al Ph.D. **Bernardo Roque Huanca**, Director del presente trabajo de investigación, a mi asesor **Dr. Marcelino Jorge Aranibar Aranibar**, quienes tuvieron mucha paciencia, disponibilidad y generosidad para compartir sus experiencias y amplio conocimiento. Sus siempre atentas y efectivas colaboraciones hicieron que este trabajo se culminara satisfactoriamente.

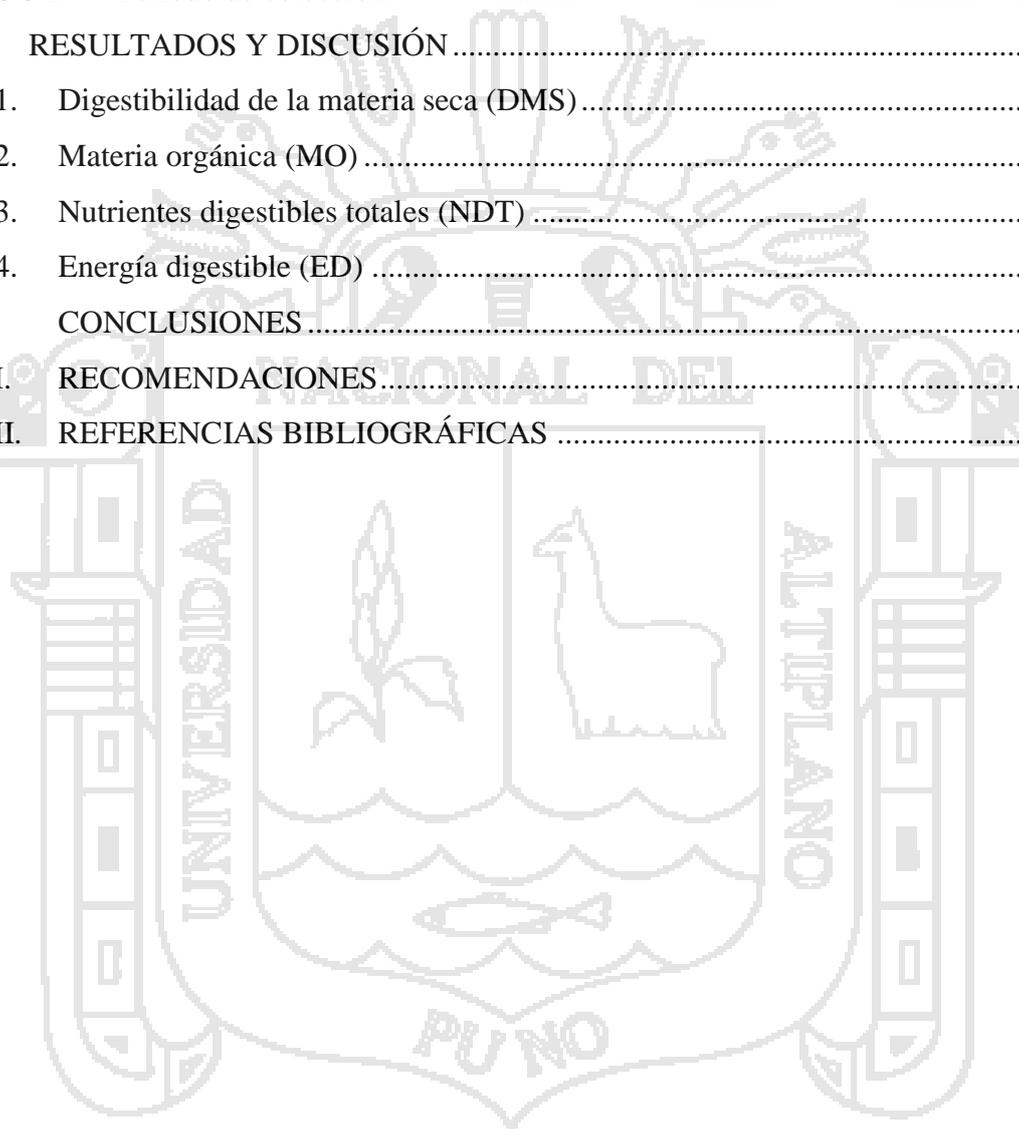
A todos los docentes y personal administrativo de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNA-Puno, por su dedicación y su esfuerzo, quienes me han aportado todos los conocimientos profesionales y personales para llegar a finalizar con éxito esta primera meta de mi vida profesional.

A todos mis compañeros y amigos de estudio de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia quienes estuvieron presentes durante mi vida universitaria, a ellos mis agradecimientos por estar presentes y a ver compartido conocimiento y aventuras y momentos muy felices.

## Índice

ÍNDICE DE ABREVIATURAS .....	vii
LISTA DE TABLAS .....	ix
RESUMEN .....	x
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	3
2.1. La quinua .....	3
2.2. Zonas de cultivo de la quinua .....	4
2.3. Rendimiento productivo de la quinua .....	4
2.4. Residuos de quinua .....	5
2.5. Uso de subproductos de quinua .....	6
2.6. Valor nutricional de los residuos de quinua.....	7
2.7. Digestibilidad.....	7
2.8. Tipos de digestibilidad.....	8
2.9. Expresión de la digestibilidad.....	12
2.10. Factores que influyen en la digestibilidad.....	14
2.11. Valoración energética.....	15
2.12. Requerimientos nutricionales del cuy .....	19
2.12.1. Energía .....	20
2.12.2. Proteína.....	21
2.12.3. Fibra .....	22
2.12.4. Agua.....	23
2.12.5. Vitamina C (Ácido ascórbico).....	25
2.12.6. Minerales .....	26
2.13. Parámetros productivos y reproductivos en cuyes .....	27
III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	29
3.1. Ámbito Experimental.....	29
3.2. Material experimental .....	29
3.2.1. Instalaciones .....	29
3.2.2. Animales.....	30
3.2.3. Alimentos .....	31
3.2.4. Preparación y mezcla del alimento.....	32
3.2.5. Dietas experimentales.....	32

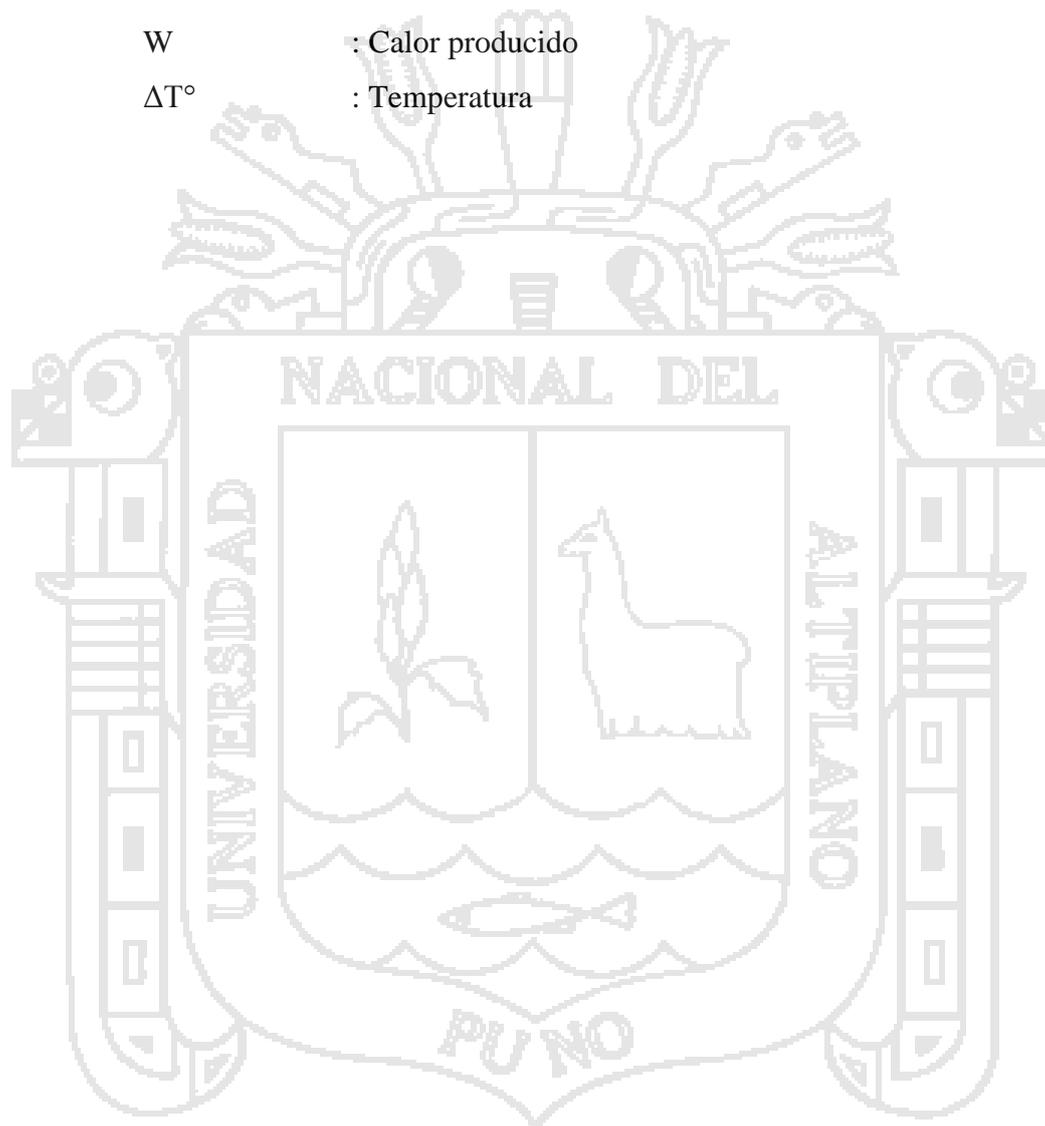
3.2.6.	Materiales para la toma de muestra de heces .....	33
3.2.7.	Equipos y materiales de laboratorio .....	33
3.2.8.	Reactivos .....	34
3.2.9.	Otros materiales .....	34
3.3.	Metodología .....	35
3.3.1.	Período de acostumbramiento .....	35
3.3.2.	Período de colección .....	35
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	41
4.1.	Digestibilidad de la materia seca (DMS) .....	41
4.2.	Materia orgánica (MO) .....	44
4.3.	Nutrientes digestibles totales (NDT) .....	45
4.4.	Energía digestible (ED) .....	47
V.	CONCLUSIONES .....	49
VI.	RECOMENDACIONES .....	50
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	51



## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

AOAC	: Association official of analytical chemists, Arlington
CD	: Coeficiente de digestibilidad
CDMS	: Coeficiente de digestibilidad de materia seca
CNF	: Carbohidratos no fibrosos
CT	: Ceniza total
CV. %	: Coeficiente de variabilidad
DMO	: Digestión de materia orgánica
DMO <sub>I</sub>	: Digestión de materia orgánica del ingrediente
DMS	: Digestión de materia seca
DMS <sub>I</sub>	: Digestión de materia seca del ingrediente
EB	: Energía bruta
ED	: Energía digestible
ED <sub>I</sub>	: Energía digestible del ingrediente
EE	: Extracto eterio
EEM	: Error experimental de la media
EF	: Energía fecal
EG	: Energía de gases
EMS	: Excreción de materia seca
FDA	: Fibra detergente acida
FDN	: Fibra detergente neutro
H°	: Humedad
IMS	: Ingestión de materia seca
INIA	: Instituto nacional de investigación agraria
Mcal/kg	: Mega calorías por kilogramo
MF	: Materia fresca
MFO	: Materia fresca ofrecida
MO	: Materia orgánica
MS	: Materia seca
MSD	: Materia seca digestible
MSE	: Materia seca excretada
MSO	: Materia seca ofrecida

MSR	: Materia seca rechazada
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	: Carbonato de sodio
NDT	: Nitrógeno digestible total
NRC	: National Research Council
PT	: Proteína total
RA	: Alimento rechazado
TM	: Toneladas métricas
W	: Calor producido
ΔT°	: Temperatura



## LISTA DE TABLAS

	pag.
Tabla 1. Composición química del grano de quinua y sus residuos	6
Tabla 2. Requerimientos nutricionales del cuy para la etapa de crecimiento y engorde.	18
Tabla 3. Alimentación con forraje y alimento balanceado.	25
Tabla 4. Parámetros productivos y reproductivos en cuyes.	26
Tabla 5. Distribución muestral de cuyes para el experimento de digestibilidad y valor energético de los residuos de quinua.	29
Tabla 6. Composición química de los residuos de quinua “jipi”.	29
Tabla 7. Dietas experimentales con tres niveles de inclusión de residuos de quinua “jipi” para determinar su digestibilidad y valor energético en cuyes.	30
Tabla 8. Distribución muestral de la dieta en cuatro etapas.	33
Tabla 9. Digestibilidad de la materia seca, materia orgánica y energía digestible de las dietas (n = 8 cuyes/grupo).	38
Tabla 10. Digestibilidad de la materia seca, materia orgánica, contenido de nutrientes digestibles totales y energía digestible de residuos de quinua “jipi” (n = 8 cuyes/grupo).	39
Tabla 11. Composición química de las dietas analizadas en relación a su materia seca MS en (%).	63
Tabla 12. Composición química de heces de cuy del experimento de digestibilidad en relación a su MS en (%).	63
Tabla 13. Promedio de los dato de alimento ofrecido, alimento rechazado y heces excretadas y digestión aparente del residuos de quinua en cuyes.	65
Tabla 14. Digestibilidad de la materia seca (DMS, %), materia orgánica (DMO, %) y nutrientes digestibles totales (NDT) de la dieta en cuyes.	67
Tabla 15. Energía bruta de la dieta, energía fecal, energía digestible de la dieta en el experimento de metabolismo de la dieta en cuyes.	68
Tabla 16. Digestibilidad de la materia seca, energía digestible, digestibilidad de la materia organica y nutrientes digestibles totales del jipi de quinua en diferentes niveles.	69
Tabla 17. Calor de combustión de heces de cuyes del experimento de digestibilidad en cuyes.	71

## RESUMEN

El estudio fue realizado con el objetivo de determinar la digestibilidad de la materia seca (MS), materia orgánica (MO), nutrientes digestibles totales (NDT) y energía digestible (ED) de los residuos de quinua “jipi” en tres niveles de inclusión en la dieta (10, 20 y 30%) en cuyes en crecimiento, por el método convencional *in vivo* por colección fecal total, por diferencia; para lo cual, se utilizaron 8 cuyes machos de la línea Perú, de 4.5 semanas de edad, distribuidos en 4 tratamientos en diseño cuadrado latino 4x4x4: T1 dieta basal, T2 (basal + 10%), T2 (basal + 20%) y T3 (basal + 30%). Los resultados indican que la digestibilidad de la materia seca de los residuos de quinua “jipi” son subproductos fibrosos de alta digestibilidad, siendo mayor en 30% de inclusión, con valor de  $81.4 \pm 7.8\%$  para la materia seca y  $81.6 \pm 0.21\%$  para la materia orgánica; alto contenido de energía, siendo mayor en 30% de inclusión, con un promedio de 76.0% de nutrientes digestibles totales y 2.81 Kcal/g de materia seca. A partir de los resultados se concluye que los residuos de quinua “jipi” son recursos fibrosos de alta digestibilidad, elevado valor energético y de utilidad en la alimentación de cuyes en crecimiento.

**Palabras clave:** cuyes, digestibilidad, energía, residuos de quinua.

## I. INTRODUCCIÓN

La quinua (*Chenopodium quinoa* W.) es un grano andino muy apreciado en la alimentación humana, debido a su alto valor nutricional que lo ubica como el grano más completo del mundo (Coulter y Lorenz, 1990; Vega-Gálvez et al., 2010) y una alternativa para la seguridad alimentaria mundial, de manera que el año 2013 fue declarado por la FAO como el Año Internacional de la Quinua (FAO, 2011), lo cual ha promovido su producción y la inserción de los países andinos (Perú y Bolivia) en el mercado mundial.

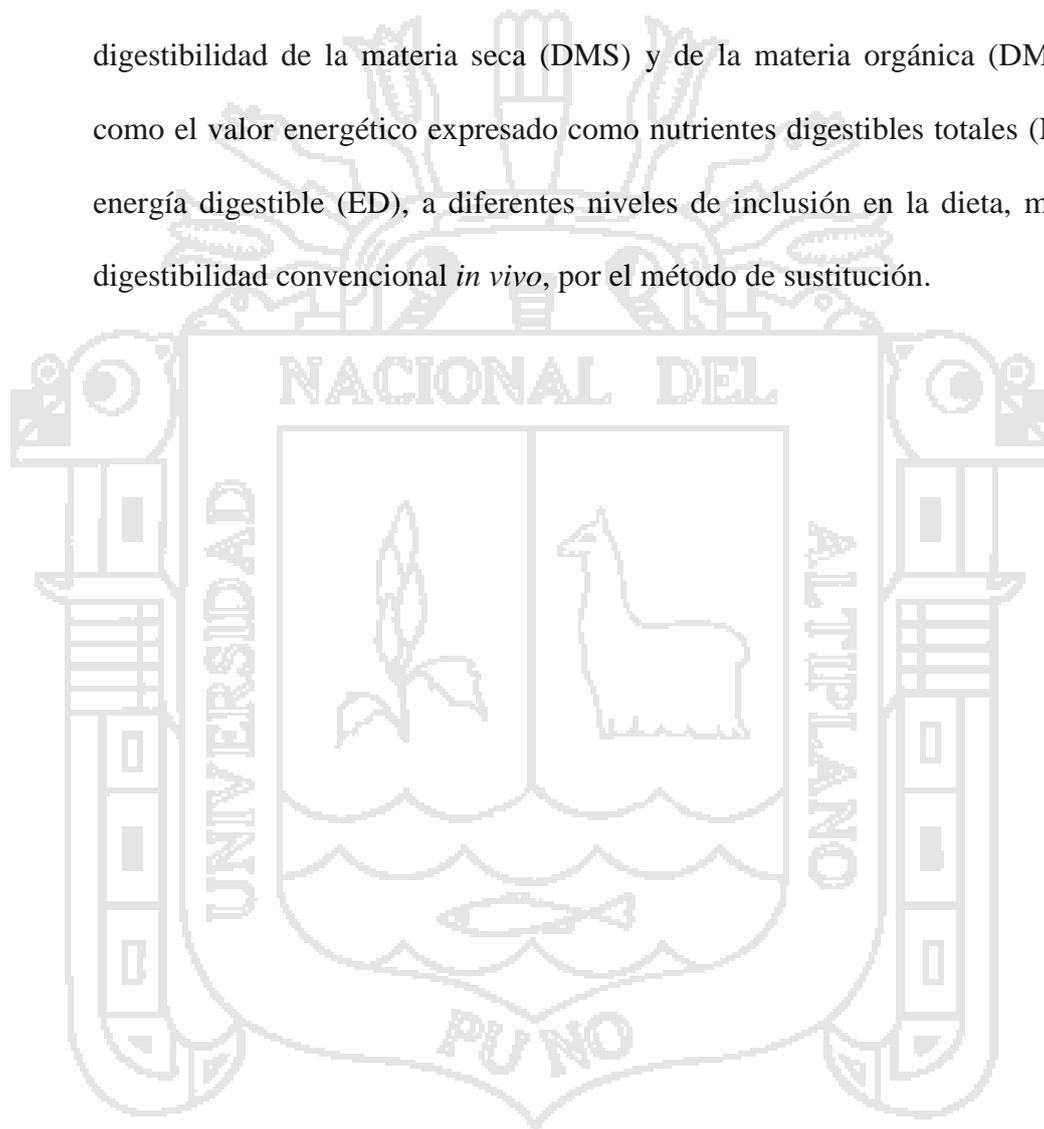
La Región Puno cultiva un aproximado de 26.5 mil hectáreas anuales de quinua (Marca et al., 2011), generando unas 5 toneladas de broza y 0.25 toneladas de residuo de quinua “jipi” por cada hectárea (León, 2003). Por lo general la mayor parte de los residuos de quinua (broza) son quemado para la elaboración de “llikta” (Shams, 2011), un aditivo mineral de uso en el chacchado tradicional de la hoja de coca (Hanna y Hornick, 1977), desperdiciándose cantidades importantes de energía vegetal que podría, ser transformado en producto animal (carne o leche) para la alimentación humana.

Los estudios han mostrado que los residuos forrajeros fibrosos son subproductos que se pueden utilizar como recursos alternativos en la alimentación de los animales herbívoros, sobre todo en los países en vías de desarrollo (Smil, 1999).

Estos residuos, en mezcla con otros insumos energéticos o proteicos, sirven para la elaboración de concentrados fibrosos muy apetecidos por los animales, con un consumo que alcanza hasta los 14Kg en el ganado vacuno productor de carne y leche (Roque et al., 2012); sin embargo, se tiene limitada información sobre el

uso de estos residuos en la alimentación de animales no rumiantes, tales como los herbívoros monogástricos (cuyes, conejos).

El trabajo tuvo como objetivo determinación de la digestibilidad de residuos de quinua “jipi” (*Chenopodium quinoa* W.) en la alimentación de cuyes en crecimiento (*Cavia porcellus* L.), a través de la determinación de la digestibilidad de la materia seca (DMS) y de la materia orgánica (DMO), así como el valor energético expresado como nutrientes digestibles totales (NDT) y energía digestible (ED), a diferentes niveles de inclusión en la dieta, mediante digestibilidad convencional *in vivo*, por el método de sustitución.



## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. La quinua

La quinua es una planta herbácea de ciclo anual domesticada por las culturas prehispánicas, de uso en la alimentación humana desde hace unos 3 mil años (Abugoch et al., 2008). Pertenece a la familia de las Chenopodiaceas, con un tamaño de planta que varía desde 1 hasta 3.5m, dependiendo de la variedad y ecotipo. Se cultiva ampliamente en la región andina, desde Colombia hasta el norte de Argentina, y en menor escala en Chile (Rivera, 1995). Sus características botánicas la sitúan como una planta de tallo erguido, y según su tipo de ramificaciones pueden presentarse con un tallo principal y varias ramas laterales cortas características de la zona del altiplano o de ramas de igual tamaño, característico en los ecotipos que se cultivan en los valles interandinos (Suca, 2006).

La forma de sus hojas es muy variada y sus bordes son dentados pudiendo ser pronunciados o leves según las variedades. La coloración de estas varía de verde claro a verde oscuro, las que a su vez se vuelven amarillas, rojas o púrpuras según su estado de maduración (Oshodi et al., 1999). Sus raíces son más o menos profundas pudiendo llegar desde 0.50 hasta más de 2m (Rivera, 1995). Posee una inflorescencia denominada panícula, de forma glomerulada, y pueden tener un aspecto laxo y compacto (Jacobsen, 2003). Esta inflorescencia puede alcanzar hasta 0.70m de su tamaño y densidad depende en gran parte su rendimiento (Rivera, 1995).

Las flores son pequeñas y pueden ser hermafroditas y femeninas, lo que le permite una gran variación sexual según los diferentes ecotipos y variedades (Mujica et al., 2006). El fruto de la quinua es un aquenio, pequeño y presenta

diferentes coloraciones (Ogungbenle, 2003). La capa externa que la cubre es de superficie rugosa y seca que se desprende con facilidad al ser puesta en contacto con agua caliente o hervida (Doweidar y Kamel, 2011). En esta capa se almacenan una sustancia amarga denominada saponina, cuyo grado de amargor varía según los tipos de quinua (Coulter y Lorenz, 1990).

## **2.2. Zonas de cultivo de la quinua**

La quinua se cultiva en secano en las partes altas del valle de Mantaro y de las zonas altas en Ayacucho y Ancash, y bajo riego en los valles interandinos tales como Urubamba en el Cusco. En el Altiplano los cultivos en secano tienen que soportar condiciones muy severas de temperaturas bajas y fuertes vientos. Algunos ecotipos se adaptan a estas inclemencias (Rivera, 1995). En Ayacucho las principales zonas de cultivo de quinua son las provincias de Cangallo, Huamanga (Vinchos), Huanta (Huamanguilla e Iguain), La Mar (San Miguel) y Vilcas Huamán, desde los 2556m hasta 3470m de altitud, siendo la zona de Vilcas Huamán la mayor zona productora con casi el 80% de la producción total de quinua del departamento (Apaza y Delgado, 2005). Dentro de las zonas de mayor producción en nuestro país se tienen a los departamentos de Puno, Ayacucho, Junín, Cusco, Apurímac y La Libertad.

## **2.3. Rendimiento productivo de la quinua**

El rendimiento de grano de quinua puede alcanzar hasta 11t/ha; sin embargo, la producción más alta obtenida en condiciones óptimas de suelo, humedad, temperatura y en forma comercial está alrededor de 6t/ha en promedio y con adecuadas condiciones de cultivo (suelo, humedad, clima, fertilización y labores culturales oportunas). Se obtiene rendimientos de 3.5t/ha. (Carrasco et al., 2014). En condiciones actuales del altiplano peruano-boliviano con minifundio, escasa

precipitación pluvial, terrenos marginales, sin fertilización, la producción promedio no sobrepasa de 0.85t/ha, mientras que en los valles interandinos alcanza hasta 1.5t/ha (Crodau, 1977).

El rendimiento productivo varía de acuerdo a las variedades, puesto que existen unas con mayor capacidad genética de producción que otras (Mujica et al., 2006). Varían también de acuerdo a la fertilización o abonamiento proporcionado, debido a que la quinua responde favorablemente a una mayor fertilización de nitrógeno y fósforo (Ogungbenle, 2003). También depende de las labores culturales y controles fitosanitarios oportunos proporcionados durante su ciclo (Jacobsen, 2003). En general las variedades nativas son de rendimiento moderado, resistentes a los factores abióticos adversos, pero específicas para un determinado uso y de mayor calidad nutritiva o culinaria (Mujica, 1983).

Los rendimientos varían en función a la variedad, fertilidad, drenaje, tipo de suelo, manejo del cultivo en el proceso productivo, factores climáticos, nivel tecnológico, control de plagas y enfermedades, obteniéndose entre 800Kg/ha a 1400Kg/ha en años buenos; sin embargo, se puede obtener rendimientos de hasta 3000Kg/ha, dependiendo del material genético.

#### **2.4. Residuos de quinua**

El proceso de la trilla del grano de quinua genera dos residuos importantes: la broza y el “jipi”. La broza, llamada también “k’iri” está conformado por los tallos, ramas de hojas. El “jipi” está conformado por fragmentos de hojas y restos de inflorescencias (pedicelos, pétalos o perigonio, pedúnculos y pequeñas ramas) que se separa por venteo natural o artificial del grano de quinua. Cada hectárea de cultivo de quinua genera 5000Kg de broza y entre 200 a 300Kg de “jipi” (Ticona, 1981; León, 2003; Vega-Gálvez et al., 2010).

## **2.5. Uso de subproductos de quinua**

### **2.5.1. Polvillo con saponina**

Es el producto obtenido en el descascarado por fricción de la quinua perlada. Se usa en la fabricación de jarabe de frutas, cerveza, crema de afeitar, etc (FAO, 2010).

### **2.5.2. Polvillo sin saponina y granos partidos**

El polvillo sin saponina es el producto resultante del pulido del grano de quinua descascarada y los granos partidos se obtienen durante el proceso de la quinua perlada. Ambos subproductos se utilizan en la alimentación de ganado y aves de corral (FAO, 2010).

### **2.5.3. Hojas**

La época oportuna para la utilización de las hojas de quinua en la alimentación humana es poco antes del inicio de la floración, que puede ocurrir entre los 60 y 80 días después de la germinación. El consumo de la hoja de quinua es conocido en la región andina del Perú y Bolivia y su utilización reemplazaría el de las hojas de espinaca, especie a la cual es muy afín botánicamente (FAO, 2010).

### **2.5.4. Tallos**

El estudio químico del tallo comprende generalmente tanto el tallo en sí como las hojas secas, los tallos secundarios, los pedúnculos y el rastrojo de la trilla del ganado, cuyo conjunto se denomina broza o “k’iri” (quechua) y el residuo del grano “jipi” (quechua).

En la tabla 1 se observa el análisis bromatológico de la broza y el jipi. Los mayores componentes de la broza son fibra y extracto no nitrogenado (FAO, 2010).

## 2.6. Valor nutricional de los residuos de quinua

Tabla 1. Composición química del grano de quinua y sus residuos

Residuos	Fuente	H°	PC	EE	FDN	CT	CNF	EB
Quinua		%	g/100g MS	g/100g MS	g/100 g MS	g/100g MS	g/100g MS	Kcal/Kg 100MS
Broza	(FAO, 2010)	7.6	7.53	1.59	42.9	11.4	-	-
Jipi	(FAO, 2010)	10	10.7	-	-	9.9	-	-
Jipi	(FMVZ-UNA, 2012)	4.8	7.8	4.8	35.8	13.5	38.1	4152
Quinua B. Junin	(Collazos, 1996; Apaza y Delgado, 2005)	7,7	14,7	5,8	65,5	2,8	65,5	-

## 2.7. Digestibilidad

La digestibilidad mide la desaparición de los nutrientes en su paso a través del tracto digestivo debido a la absorción, es importante conocer la digestibilidad de los alimentos que usualmente consumen los cuyes con la finalidad de obtener el conocimiento más exacto del valor alimenticio de dichos alimentos y de una mejor estructuración de las diferentes raciones comúnmente empleadas (Lammers et al., 2009).

La cecotrofia es un proceso digestivo poco estudiado; siendo una actividad que explica muchas respuestas contradictorias halladas en los diferentes estudios realizados en pruebas de raciones (Chauca, 1997). Algunos autores indican que el cuy es un animal que realiza cecotrofia, produciendo dos tipos de excretas en forma de pellets, uno rico en nitrógeno que es reutilizado (cecótrofo) y el otro que es eliminado como heces (O'dell et al., 1960).

Este proceso de la cecotrofia se basa en el “mecanismo de separación colónica” por el cual las bacterias presentes en el colon proximal son transportadas hacia el ciego por movimientos antiperistálticos para su fermentación y formación del cecótrofo, el cual es reingerido (Hidalgo et al., 1995).

Balanceados con niveles proteicos entre 13 y 25% no muestran diferencias significativas en cuanto a crecimiento, una explicación a estos resultados puede tener su base en la actividad cecotrófica (Higaonna, 2005). La ingestión de los cecótrofos permite aprovechar la proteína contenida en la célula de las bacterias presentes en el ciego, así como reutilizar el nitrógeno proteico y no proteico que no alcanzó a ser digerido en el intestino delgado (Moreno, 1989).

## **2.8. Tipos de digestibilidad**

### **2.8.1. Digestibilidad *in vivo***

Es aquella medición que se realiza con animales vivos, en la cual se cuantifica la desaparición del alimento y sus componentes en su paso por el tracto digestivo. Se determina cuantificando la cantidad de alimento consumido y la cantidad de heces eliminadas por el animal después de un período de acostumbramiento al alimento en evaluación. La colección fecal total es el método de digestibilidad de mayor uso en rumiantes (McDonald et al., 1979 y Roque, 2015).

El método de recuperación total requiere un registro de las sustancias consumidas y las cantidades que se excretan en las heces. Para tal propósito se han ideado jaulas metabólicas en las que se consigue la separación y exacta recogida de las materias excretadas. El animal está de pie sobre una reja de hierro, a través de la cual pasan las materias excretadas. El comedero se localiza

en la parte exterior, de modo que ninguna porción de comida puede ir a parar sobre el excremento (Maynard, 1955).

En general en los ensayos de digestibilidad se usan preferentemente machos, dado que con ellos es más fácil obtener la orina y las heces por separado (Mc Donald et al., 1979).

Antes de comenzar el período de colección, es necesario un período previo de adaptación para rumiantes de 10 a 14 días, con el fin de acostumbrar al animal a la ración, además de evitar que existan restos de raciones anteriores en el sistema digestivo. El período de colección debe tener una duración de 7 a 10 días (Kirchgesner, 1992).

Mc Donald et al. (1979) mencionan además que el alimento debe mezclarse lo mejor posible para conseguir una composición uniforme. Los mismos autores aconsejan alimentar a los animales todos los días a la misma hora, procurando que las cantidades ingeridas sean aproximadamente las mismas. Si la ingestión es irregular existe el peligro, por ejemplo, de que la última comida sea desacostumbradamente copiosa y que las heces excretadas después de terminado el período de recogida contengan todavía productos procedentes de ella.

Los estudios de digestibilidad deben realizarse con varios animales, primero porque los animales, aunque sean de la misma especie, edad y sexo, presentan ligeras diferencias en su habilidad digestiva, y segundo, porque así se detecta fácilmente cualquier error que pudiera cometerse (Mc Donald et al., 1979).

Kirchgesner (1992), propone usar 3 a 4 animales por prueba metabólica.

Según Riveros, citado por Held (1994), el método de recolección total es bastante preciso, pero presenta una serie de inconvenientes. Entre la más

importante señala la necesidad de contar con cantidades importantes de alimento por analizar, además de equipamiento y animales adecuados, generalmente caros. Se requiere un periodo prolongado para la adaptación de los animales y posteriormente determinaciones, durante el cual pueden variar las características del forraje cuya digestibilidad aparente se pretende evaluar.

Otro método frecuentemente utilizado consiste en el método del indicador que es muy útil en caso que se dificulta controlar la ingesta, colectar o pesar las heces. Además cuando se alimenta a los animales en grupos, no se puede precisar cuánto ha sido ingerido por cada uno. En estos casos es posible calcular la digestibilidad añadiendo al alimento una sustancia que sea totalmente indigestible. Midiendo su concentración en el alimento y en pequeñas muestras de heces de los animales, se obtiene una relación que permite obtener una medida de la digestibilidad (McDonald et al., 1979).

El indicador más usado es el óxido de cromo, utilizándose también como indicadores naturales la lignina y cromógenos (Kirchgessner, 1992). Los indicadores deberán pasar por el tubo digestivo a una velocidad uniforme, no tener efectos farmacológicos y deberán ser fáciles de determinar químicamente (Kirchgessner y Tyler, 1992).

### **2.8.2. Digestibilidad *in vitro***

Es aquella medición que se realiza en frascos de vidrio, imitando el proceso digestivo del animal rumiante. Como equipo se utiliza un rumen artificial. El método más utilizado es la digestibilidad de dos etapas propuesto de Tilley y Terry. La primera etapa consiste en la incubación del alimento en líquido ruminal y saliva artificial por 48 horas, luego se incuba en ácido clorhídrico y

pepsina por otras 48 horas. El material que desaparece en este proceso corresponde a la digestibilidad in vitro (Roque, 2015).

Existen tres componentes fundamentales en todo ensayo de digestibilidad in vitro: el sustrato, que corresponde a la muestra; el inóculo o licor ruminal, y el tampón o buffer que es saliva artificial (Simon, 1992).

La técnica de Tilley y Terry (1963), consiste en incubar una pequeña muestra de forraje seco en una muestra de licor ruminal con saliva artificial. Esta última permite mantener el pH en los niveles normales de digestión. El sistema debe mantenerse anaeróbico y a 38°C durante 48 horas. Para mantener la condición de anaerobiosis, a cada tubo se le adiciona CO<sub>2</sub> antes de ser tapado. Luego se realiza una segunda etapa donde el residuo que no ha sido digerido se somete a una solución de pepsina ácida a 38°C por un periodo de 48 horas. En esta etapa la condición anaeróbica no es necesaria.

Algunos autores proponen reemplazar la fase de pepsina ácida por el uso de un detergente neutro; solución que es mucho más efectiva en eliminar la totalidad de los residuos microbianos, pudiendo determinar el residuo de pared celular no digerido (Illanes, 1989).

Se puede señalar que en general a través del método in vitro los resultados obtenidos de la digestibilidad, ya sea de la materia seca u orgánica, son significativamente inferiores a los resultados obtenidos in vivo. Esta subvaloración es mayor en la medida que baja la digestibilidad de los forrajes, siendo el efecto más notorio al comparar los resultados de digestibilidad de la materia orgánica (Cerdeira et al. 1986).

### **2.8.3. Digestibilidad *in situ***

Es aquella medición de la digestión en un segmento del tracto digestivo del animal vivo. La medición más frecuente se realiza en el rumen. Una cantidad de alimento se coloca en una bolsa de nylon, luego se incuba en el interior del rumen (fermentación o degradación) por un determinado tiempo. El resultado se expresa como tasa de degradabilidad (Aylwin, 1987 y Roque, 2015).

Según Aylwin (1987), el éxito de la técnica *in situ* está determinada por diversos factores como: el material de la bolsa, tratamiento, preparación y tamaño de la muestra, posición en el rumen, tiempo de incubación, repeticiones, número de bolsas incubadas, dieta del animal y lavado de la bolsa.

Illanes (1989) menciona que el método de digestibilidad *in situ* tiene la ventaja que requiere muestras pequeñas, haciendo uso de animales fistulados en el rumen, donde se fermentan los forrajes de bolsas de algún material poroso que resiste a la acción microbiana.

Neatherly, citado por Illanes (1989), señala que la técnica de la bolsa de nylon es altamente correlacionable con el valor de digestibilidad *in vivo* de la materia seca.

## **2.9. Expresión de la digestibilidad**

### **2.9.1. Digestibilidad aparente**

McDonal (1995), conceptúa a la digestibilidad aparente como la ración no digerida y para su determinación recomienda realizar ensayos con varios animales de la misma especie, edad y sexo que son fáciles de manejar y presentar ligeras diferencias en su habilidad digestiva. Además se usan con frecuencia

animales machos porque con ellos es más accesible obtener la orina y las heces por separado.

Church (1990), recomienda mantener un consumo diario de los alimentos durante varios días para reducir al mínimo la variación diaria de la producción de heces. Este mismo autor manifiesta que son varios los factores que pueden afectar la cuantía de la digestión anotándose los siguientes:

- Nivel de consumos de los alimentos
- Trastornos digestivos
- Deficiencia de nutrientes
- Frecuencia de ración
- Tratamiento a que son sometidos los animales
- Efecto asociados de los alimentos

Maynard (1981), manifiesta que una prueba de digestión cuantifica los nutrientes consumidos y las cantidades que se eliminan en las heces. Es importante que las heces recolectadas representen en forma cuantitativa el residuo no digerido del alimento consumido previamente medido. Además manifiesta que existen grandes diferencias en las capacidades para digerirlos alimentos voluminosos en las diferentes especies animales.

En todos los ensayos de digestibilidad y en especial en los llevados a cabo con monogástricos es aconsejable dar la comida todos los días a la misma hora y procura que las cantidades ingeridas sean aproximadamente las mismas.

Si la ingestión es irregular existe el peligro que la última comida sea desacostumbradamente copioso y que las heces excretadas después de terminado el periodo de correjida, tengan productos procedentes de ellos (Maynard, 1981).

### **2.9.2. Digestibilidad verdadera**

Maynard (1981), supone que la proteína que no aparece en las heces es digerida, la misma que es determinada mediante la relación del nitrógeno presente en la dieta. Este cálculo constituye el coeficiente de digestibilidad aparente de la proteína.

En tanto si se deduce el nitrógeno fecal total se obtiene el dato real (NMF) del nitrógeno fecal total se obtiene el dato real de la digestibilidad verdadera, la misma que en forma más precisa refleja la cantidad de nitrógeno absorbido del alimento por el organismo animal.

Por lo general ha sido imposible separar el NMF de los residuos nitrogenados de los alimentos, entonces luego de un gran número de investigaciones realizadas se ha demostrado que el NMF es proporcional a la ingesta del alimento, esto es alrededor de 2mg de nitrógeno por gramo de materia ingerida.

Si se emplea esta cifra como constante es posible convertir la digestibilidad aparente en digestibilidad verdadera. Los estudios que determinan estos parámetros fueron revisados por (Maynard, 1981).

### **2.10. Factores que influyen en la digestibilidad**

Kirchgessner (1992), menciona que existen principalmente cuatro factores que afectan la digestibilidad. Tales factores estarían relacionados con el tipo de animal, los niveles de consumo, la composición de la ración y los tratamientos de los respectivos componentes de la ración.

Holmes et al., citados por (Simón, 1992), explican que la digestibilidad es una propiedad más bien del alimento que del animal; varía entre vegetales y de una especie a otra. El nivel de alimentación es otro factor que influye sobre la digestibilidad, ya que altos niveles de consumo producen un aumento en la tasa de pasaje del alimento y disminuye la digestibilidad debido a que las partículas de alimento estarían expuestas a los organismos y enzimas digestivas por menor período de tiempo. Este efecto se acentúa cuando el alimento es de baja digestibilidad, produciéndose pocas diferencias con alimentos de mayor digestibilidad.

### **2.11. Valoración energética**

Podemos señalar que el contenido energético se estima a partir de la composición química o de la digestibilidad in vitro empleando ecuaciones de regresión determinadas en el extranjero (Anrique et al., 1996).

Según Anrique (1994), el contenido de energía nutricionalmente útil para fines rutinarios y de servicio no puede ser determinado en forma in vivo, dado el tiempo y lo aparatoso de la determinación in vivo para la obtención de resultados, por lo que necesariamente se recurre a su estimación a partir de análisis de laboratorio. La mayoría de los laboratorios utilizan ecuaciones de regresión entre uno o más parámetros químicos, biológicos o estimaciones de ambos y el valor energético determinados in vivo.

Según Moreira (1995), existen diferentes formas de expresar el valor energético de los alimentos dependiendo del nivel de uso de dicha energía por parte del animal. A continuación se presentarán los tres primeros niveles: energía bruta, energía digestible y energía metabolizable.

### 2.11.1. Energía bruta

La cantidad de energía química de un alimento se determina convirtiéndola en energía calórica y midiendo el calor producido. La cantidad de calor que resulta de la combustión completa de la unidad de peso de un alimento se conoce como EB o calor de combustión de aquel alimento (McDonald et al., 1979, Church, Pond, 1977 y Kirchgessner, 1992). Al quemarse la muestra en un horno calorimétrico, el calor producido eleva la temperatura del agua que rodea el recipiente en que se encuentra la muestra, el aumento de la temperatura del agua proporciona la base para calcular el valor energético (Church y Pond, 1977).

Kirchgessner (1992) y McDonald et al. (1979) señalan que en general la EB sirve sólo de punto de partida para la determinación del valor energético de los alimentos, dado que no puede ser considerada como valor de referencia en la estimación de la energía disponible, puesto que no contempla las pérdidas de energía que ocurren durante los procesos digestibles y metabólicos.

Givens et al. (1990) proponen considerar la EB junto a la digestibilidad en regresiones múltiples como predictor de la EM. En el caso de regresiones simples (Givens et al, citados por Anrique, 1994) usando como predictores de EM, la digestibilidad determinada por licor ruminal - pepsina, la FDN y la FDA tratada con celulasas se aumentan los coeficientes de determinación desde 24%, 20% y 14% a 77%, 71% y 65% respectivamente, al usar la EB en las regresiones múltiples.

### 2.11.2. Nutrientes digeribles totales

Los nutrientes digeribles totales (NDT) consiste en la expresión más antigua de la energía disponible del alimento para el animal. Se obtiene a partir de un experimento de digestibilidad convencional de un alimento con animales, a través de la siguiente ecuación (Roque, 2015).

$$\text{NDT, \%} = \frac{2.25Gd + Fd + Pd + CNFd}{MSC} \times 100$$

En la ecuación, las letras expresan las fracciones nutricionales digeridas: grasa (G), fibra (F), proteína (P) y carbohidratos no fibrosos (CNF), con relación a la materia seca consumida (MSC).

### 2.11.3. Energía digestible

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

$$ED, Kcal/Kg MS = \frac{EB, Kcal/d - EF, Kcal/d}{IMS, Kg}$$

Donde:

EB : Energía bruta consumida en el alimento (Kcal/d).

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

IMS : Ingestión de materia seca (Kg/d).

La energía digestible también puede estimarse a partir de NDT, utilizando el valor 4.4 Kcal por gramo de NDT (Schneider y Flatt, citado por Roque, 2015).

$$ED, Kcal = 4.4 \times g \text{ NDT}$$

La ventaja de ED radica en la facilidad de su medición. Su desventaja es que sobrestima la energía de los forrajes fibrosos (henos y pajas).

#### 2.11.4. Energía metabolizable

La energía metabolizable (EM) es la fracción de la energía bruta del alimento que el animal dispone para el metabolismo (producción de calor, biosíntesis o trabajo). Algunos la denominan combustible fisiológico. Se determina restando de la energía bruta consumida en el alimento (EB), la energía excretada en heces (EF), orina (EU) y metano (EG) (Shirley, citado por Roque, 2015).

$$EM, Kcal/KgMS = \frac{EB, Kcal/d - (EF, Kcal/d - EU, Kcal/d - EG, Kcal/d)}{IMS, Kg}$$

La energía urinaria corresponde a la pérdida de energía principalmente en forma de urea; representa el 4 % de la energía bruta del alimento en rumiantes (vacuno y ovino) y 2 % de la energía bruta del alimento en camélidos (alpacas); puede determinarse a partir del nitrógeno total (urea) en la orina, asumiendo 2.528 kcal/g como el calor de combustión de la urea (Brody, citado por Roque, 2015).

La energía de los gases corresponde principalmente al metano que se forma por la fermentación microbiana de los alimentos en el rumen. Representa 8 % de la energía bruta en rumiantes alimentados con forrajes (NRC, 1981) y 7.1 % de la energía bruta en llamas alimentadas con forrajes (Engelhardt y Schneider 1973, y Roque, 2015).

La energía digestible también puede estimarse a partir de NDT, utilizando el valor 3.6 kcal por gramo de NDT (Schneider y Flatt, citado por Roque, 2015).

$$\text{EM, Kcal} = 3.6 \times \text{g NDT}$$

## 2.12. Requerimientos nutricionales del cuy

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

Tabla 2. Requerimientos nutricionales del cuy para la etapa de crecimiento y engorde.

Nutriente	Unidad	Gestación	Lactancia	Crecimiento	Engorde
Proteínas	(%)	18	18 - 22	13	18
ED	Kcal/kg	2,800	3,000	2,610	3,080
Fibra	(%)	8-17	8-17	12	14
Calcio	(%)	1,4	1,4	0,6	1,0
Fósforo	(%)	0,8	0,8	0,3	0,7
Magnesio	(%)	0,1 – 0,3	0,1 – 1,3	0,1	0,3
Potasio	(%)	0,5 – 1,4	0,5 – 1,4	0,5	1,4
Vitamina, C/kg	(mg)	200	200	200	200
Grasa	(%)	3	3,5	2	6

National Research Council NRC (1995).

### 2.12.1. Energía

La necesidad de energía es lo más importante para el cuy y varía con la edad, actividad del animal, estado fisiológico, nivel de producción y temperatura ambiental (Hidalgo et al., 1995).

El National Research Council, sugiere un nivel de energía digestible de 3000 kcal/Kg de dieta (Higaonna, 2005). En general, al evaluar raciones con diferente densidad energética, se encontró mejor respuesta en ganancia de peso y eficiencia alimenticia con las dietas de mayor densidad energética (Aliaga, 1996).

En la universidad de Cajamarca un estudio realizado con cuyes de ambos sexos para evaluar raciones para el periodo de crecimiento con niveles de 2578, 2436 y 2190 Kcal de energía metabolizable /kg, se observó un mayor incremento de pesos finales con las dietas que contenían una mayor concentración de energía (Moreno, 1989).

Similares resultados obtuvo, quien realizó un estudio, que tuvo como objetivo determinar una relación adecuada entre la proteína y la energía (NDT), encontrando que con 66% de NDT la respuesta de los cuyes a niveles de 17, 21 y 26% de proteína produce mejores conversiones alimenticias y ganancia de peso estadísticamente superiores en los tratamientos con 17% y 21% frente a 26% de proteína y que en el consumo de concentrado estuvo en relación inversa con el contenido proteico de las dietas (Morales, 1994).

En la universidad agraria la molina se hizo un estudio para definir los niveles óptimos de energía en las raciones de cuyes en crecimiento y en reproducción con valores constantes de proteína; elaborándose tres raciones con 18% de

proteína total y 2600, 2800 y 3000 kcal de energía metabolizable/kg de alimento en base seca (Inga, 2008). Obteniéndose mejores resultados en la etapa de reproducción y en crecimiento con valores de 3000 kcal de energía metabolizable (Samané, 1983).

Otras investigaciones concluyen que el contenido de energía de la dieta afecta el consumo de alimento; observando que los animales tienden a un mayor consumo de alimento a medida que se reduce el nivel de energía en la dieta (Arroyo, 1986).

### **2.12.2. Proteína**

La síntesis o formación de tejido corporal requiere del aporte de proteínas, por lo que un suministro inadecuado da lugar a un menor peso al nacimiento, crecimiento retardado, baja producción de leche, infertilidad y menor eficiencia en la utilización de los alimentos (INIA-DGPA, 2003).

El cuy digiere la proteína de los alimentos fibrosos menos eficientemente que la proveniente de alimentos energéticos y proteicos (Maynard et al., 1981). siendo estos dos de mayor utilización, comparado con los rumiantes, debido a su fisiología digestiva al tener primero una digestión enzimática en el estómago y luego otra microbiana en el ciego y colon (Moreno, 1989).

El cuy responde bien a las raciones de 20% de contenido proteico cuando éstas provienen de dos o más fuentes; sin embargo se han reportado raciones con 13 y 17% de proteína que han logrado buenos incrementos de peso (Rico et al., 1994).

Al evaluar niveles bajos (14%) y altos (28%) de proteína en raciones para crecimiento, se observó mayores ganancias de peso, aumento en el consumo y

una mayor eficiencia, en los cuyes que recibieron las raciones con los menores niveles proteicos (Morales, 1994).

Estudios realizados en el Perú, indican niveles de proteína total entre 14 y 21% debiéndose esta variación al tipo de insumos proteicos utilizados, al genotipo y a la edad de los cuyes en crecimiento con cuatro raciones concentradas con niveles de proteína de 17,76; 17,79; 19,15; y 20,49%; en cuyes mejorados además de proporcionar 2kg de chala por tratamiento y agua ad libitum (Hidalgo et al., 1995).

Para condiciones prácticas, los requerimientos de proteína total en las etapas de reproducción, crecimiento y engorde son de 14 a 16%, 16 a 18% y 16% respectivamente (Moreno, 1989).

### **2.12.3. Fibra**

La fisiología y anatomía del ciego del cuy soporta una ración conteniendo un material inerte y voluminoso, permitiendo que la celulosa almacenada fermente por acción microbiana, dando como resultado un mejor aprovechamiento del contenido de fibra, ya que a partir de esta acción se producen ácidos grasos volátiles que podrían contribuir significativamente a satisfacer los requerimientos de energía de esta especie (Aliaga, 1996).

Los porcentajes de fibra de concentrados utilizados para la alimentación de cuyes va de 5 a 18% (Inga, 2008). Cuando se trata de alimentar a los cuyes como animales de laboratorio, donde sólo reciben como alimento una dieta balanceada, ésta debe tener porcentajes altos de fibra (Patricio, 2002).

Los cuyes son más eficientes en la digestión del extracto libre de nitrógeno de alfalfa que los conejos y que digieren la materia orgánica y fibra cruda tan

eficientemente como los caballos y ponies con un valor de 38%, mientras que los conejos llegan sólo a un 16.2% de coeficiente de digestibilidad (Inga, 2008). Asimismo, este nutriente no sólo tiene importancia en la composición de las raciones por la capacidad que tienen los cuyes de digerirla, sino también porque su inclusión es necesaria para favorecer la digestibilidad de otros nutrientes, ya que retarda el pasaje del contenido alimenticio (Hidalgo et al., 1995).

#### **2.12.4. Agua**

La alimentación con dietas a base exclusivamente de concentrado obliga a los animales a un alto consumo de agua. Investigaciones realizadas en el Perú, han determinado la ingestión de agua entre 50 a 140ml/animal/día, que representa de 8 a 15ml de agua por 100g de peso vivo (Arroyo, 1986).

Bajo condiciones de alimentación con forraje verde, no es necesario el suministro de agua adicional, mientras que cuando la alimentación es mixta (forraje y concentrado), será suficiente administrar forraje verde a razón de 100 a 150g/animal/día, para asegurar la ingestión mínima de 80 a 120ml de agua para animales en crecimiento o periodo de engorde (INIA-DGPA, 2003).

Los cuyes de recría demandan entre 50 y 100ml de agua por día pudiendo incrementarse hasta más de 250ml si no recibe forraje verde y el clima supera temperaturas de 30°C (Cáceres et al., 2004). La forma de suministro de agua es en bebederos aporcelanados con capacidad de 250ml, aunque facilita la distribución si se les proporciona en bebederos automáticos instalados en red (Collazos, 1996).

Se recomienda el uso de bebederos automáticos, porque elimina la labor pesada y prolongada de lavar, desinfectar, enjuagar y llenar los recipientes (Morales,

1994). Además, proporciona agua fresca y limpia en toda ocasión, si el sistema está adecuadamente instalado, no se acumula en él la suciedad y el pelo (Campos, 2003).

En cuyes se ha realizado un estudio del efecto del agua de bebida en la producción de cuyes hembras en empadre, en el cual se utilizó el sistema de bebederos automáticos (Gómez y Vergara, 1994). Los tratamientos fueron dos, siendo el primero un sistema de alimentación en base a forraje y concentrado en comederos tolva y el segundo tratamiento fue con forraje, concentrado y agua ad libitum en bebederos automáticos (Rico et al., 1994). Los resultados favorecieron al segundo tratamiento con el cual se llegó a incrementar el porcentaje de fertilidad, tamaño de camada al destete y reducir el porcentaje de mortalidad en los lactantes (Jesús, 2003).

Se realizó una prueba, teniendo como objetivo determinar el efecto de los sistemas de suministro de forraje (diario, interdiario y cada 2 días) y agua (bebedero pocillo y bebederos tipo chupón), (Maynard et al., 1981). sobre las características reproductivas y productivas (peso al parto y destete de las hembras, peso al nacimiento y destete de las crías) en cuyes hembras primerizas; determinándose que los parámetros reproductivos y productivos más altos corresponden al sistema de alimentación con forraje diario, mientras que empleando el sistema de alimentación con forraje suministrado de forma interdiaria, suplementado con alimento balanceado y agua ad libitum (en bebedero tipo chupón) se logra índices reproductivos semejantes a lo establecido en la crianza de cuyes a un menor costo de alimentación (Jesús, 2003).

### 2.12.5. Vitamina C (Ácido ascórbico)

En la mayoría de las especies animales se forman cantidades abundantes de vitamina C a partir de otras sustancias. El humano y los cuyes carecen de la capacidad de sintetizar el ácido ascórbico (Benito, 2008). Al producirse deficiencia de vitamina C, los síntomas tempranos (tercer día) son:

1. Cambio de voz
2. Pérdida de peso
3. Encías inflamadas, sangrantes y úlceras
4. Dientes flojos
5. Articulaciones inflamadas y dolorosas (el animal se niega a apoyarse en ellas, adoptando una posición particular de acostado sobre el dorso, posición escorbútica) (Arroyo, 1986).

Las lesiones microscópicas originadas por la deficiencia de vitamina C son:

- Desorden en las células de las zonas de desarrollo de los huesos.
- Atrofia y desorganización de los odontoblastos.
- Degeneración de los tejidos del sistema nervioso.
- Debilidad de las paredes de las arterias y venas.
- Anemia (Benito, 2008).
  
- Disminución de las proteínas plasmáticas, con disminución de la relación albúmina – globulina.
  
- Hipertrofia de las adrenales.
  
- Trastornos hepáticos (Amaro, 1977).

- Degeneración de los ovarios en las hembras y del epitelio germinal en los machos.
- Muerte entre 25 y 28 días (Maynard et al., 1981).

Los requerimientos de vitamina C son de 1 mg de ácido ascórbico por 100 gr de peso para prevenir las lesiones patológicas, 4 mg de ácido ascórbico por 100 gr de peso es indicado para animales en crecimiento activo (Torres, 2006). Se debe tener en cuenta que el forraje no es un simple vehículo de vitamina C, esto quedó demostrado al administrar a un grupo de animales una cantidad de vitamina C equivalente a lo que recibía otro grupo de forraje (40 mg / día) donde el segundo grupo creció más (Maynard et al., 1981).

En trabajos realizados en el Perú se obtuvieron mejores curvas de crecimiento en animales mayores de cinco meses suministrando 20 mg / animal / día de vitamina C, sintética, cuando el suministro de forraje es restringido (60 gr/ animal / día) (Benito, 2008). En cuanto a los animales en crecimiento, se ha obtenido buenos resultados en ejemplares de 4 a 13 semanas de edad con 10 mg (Jesús, 2003).

#### **2.12.6. Minerales**

Los elementos minerales tales como el calcio, potasio, sodio, magnesio, fósforo y cloro son necesarios para el cuy, pero sus requerimientos cuantitativos no han sido determinados. Presumiblemente sean necesarios el hierro, magnesio, cobre, zinc y yodo (O'dell et al., 1960). El cobalto es probablemente requerido para la síntesis intestinal de vitamina B<sub>12</sub>, si la dieta no la contiene (Aliaga, 1996).

Es de importancia en la actividad de cada elemento la relación Ca: P de la dieta; al respecto se encontró que un desbalance de estos minerales producía una lenta

velocidad de crecimiento, rigidez en las articulaciones por la alta incidencia de depósito de sulfato de calcio en los tejidos blandos y alta mortalidad (Aliaga, 1996). A continuación, se indica el consumo alimenticio de forraje y balanceado de cuyes en el Tabla 3 respectivamente.

Tabla 3. Alimentación con forraje y alimento balanceado.

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

Castro y Chirinos (1994) y Collazos (1996).

Arroyo (1986), menciona que, lo ideal es alimentación mixta a base de forraje + balanceado o concentrado + agua.

Castro y Chirinos (1994), mencionan también que la alimentación mixta es:

1. Sistema ideal (ajusta requerimientos nutritivos).
2. Forraje (150-200 gr/día) + balanceado o concentrado (25 – 30 gr/día).
3. No olvidarse ofrecer agua limpia y fresca.

### 2.13. Parámetros productivos y reproductivos en cuyes

Indica que es un aspecto importante en la crianza de animales tener conocimiento de parámetros productivos y reproductivos, sobre la cual se apoya el mejoramiento genético y la rentabilidad de la crianza; por esta razón se indica los parámetros en la Tabla 4 (Coyotopa, 1986).

Tabla 4. Parámetros productivos y reproductivos en cuyes.

Parámetros	Cuy
Partos/años	5
Intervalo entre partos (días)	67
Periodo de gestación (días).	68
Edad al destete (días).	15
Inicio reproducción (días).	120
Crías/parto	3
Fertilidad (%).	80
Mortalidad joven (%).	0,08
Mortalidad adulta (%).	0,03
Selección reemplazo (%).	0,1
Descarte (%).	0,1
Vida útil reproductiva (años)	2
Relación macho/hembra	10
Coyotopa (1986).	

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. **Ámbito Experimental**

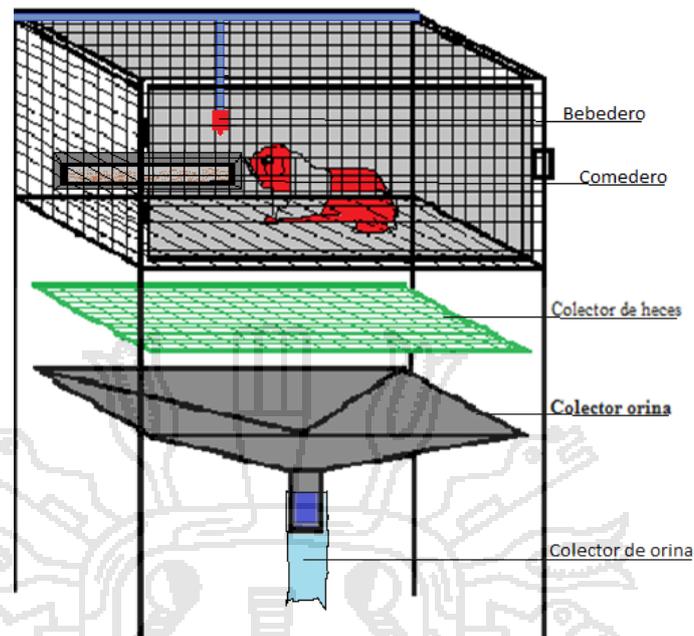
El trabajo experimental de digestibilidad se realizó en la Granja de Cuyes de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, mientras que los análisis químicos en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional del Altiplano, entre los meses de marzo y mayo del año 2015, ubicado a una altitud de 3815m, 15°16'45" de latitud y 70°04'25" de longitud (SENAMHI, 2014).

#### 3.2. **Material experimental**

##### 3.2.1. **Instalaciones**

Para el experimento se utilizó una sala de digestibilidad acondicionada en la granja de cuyes de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNA-Puno, donde se instalaron 8 jaulas de digestibilidad, cada una con dimensiones de 30x30x35cm de altura, construidas de metal, recubiertas con malla hexagonal. En cada jaula se acondicionó una malla colectora de heces y un embudo colector de orina (Fig. 1).

Figura 1. Diseño de la jaulas metabólicas de digestibilidad en cuyes.



El galpón fue adecuado con las medidas de bioseguridad (limpieza, lavado, desinfección física y química) y restricción de ingreso. La entrada del galpón tuvo un pediluvio de plástico conteniendo cal viva que fue removida 2 veces por semana. La limpieza de las jaulas se realizó cada 14 días y la desinfección en forma semanal utilizando amonio cuaternario al 20% (2.5 ml/L de agua), Cid 20 (5 ml /L de agua) y creso (1 ml /L de agua) alternadamente, además de la limpieza diaria de los pasillos.

### 3.2.2. Animales

Para el experimento se utilizó un total de 8 cuyes machos de la línea Perú, de 4.5 meses de edad, procedentes del INIA-Puno, clínicamente sanos, con un peso inicial promedio de  $838 \pm 13.1$ g, distribuidos al azar en 4 grupos (dietas); cada grupo de 2 unidades experimentales (jaulas) y cada jaula de 1 animal con su respectiva réplica (Tabla 5), los cuales fueron identificados individualmente por medio de arete metálico con un número grabado y colocado en la oreja izquierda

de cada animal. Quince días antes del experimento, los animales fueron sometidos a tratamientos y observaciones sanitarias preventivas.

Tabla 5. Distribución muestral de cuyes para el experimento de digestibilidad y valor energético de los residuos de quinua.

Niveles de inclusión	Jaulas	Animales/jaulas	Total
Control	2	2	2
T1	2	2	2
T2	2	2	2
T3	2	2	2
Total	8	8	8

T1: C +10%; T2: C +20%; T3: C +30%

### 3.2.3. Alimentos

Se utilizó una dieta basal con tres niveles de inclusión de residuos de quinua “jipi” (Tabla 6), procedente de la comunidad de Challa Collo de Acora, almacenados en sacos de yute en un ambiente seco y limpio a temperatura del aire, bajo sombra. La composición química se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6. Composición química de los residuos de quinua “Jipi”.

Composición	Valor, 100% MS
Humedad, %	4.8
Grasa bruta, %	4.8
Fibra detergente neutro, %	35.8
Proteína cruda, %	7.8
Cenizas totales, %	13.5
Carbohidratos no fibrosos, %	38.1
Energía bruta, Kcal/Kg de materia seca	4152

Laboratorio de Nutrición Animal FMVZ-UNA.

### 3.2.4. Preparación y mezcla del alimento

La formulación de las raciones se realizó en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad del Altiplano Puno mediante el programa Solver y los niveles de requerimientos y restricciones de los alimentos en los cuyes y otros factores que se consideran como son edad del cuye, peso, sexo, etc.

### 3.2.5. Dietas experimentales

Se utilizaron 4 dietas experimentales con tres niveles de inclusión de residuos de quinua (10, 20 y 30%) y una dieta control (0% de inclusión), en mezcla con distintos ingredientes (Tabla 7).

Tabla 7. Dietas experimentales con tres niveles de inclusión de residuos de quinua “jipi” para determinar su digestibilidad y valor energético en cuyes.

Ingredientes	Control	T1	T2	T3
Dieta basal	100	90	80	70
Residuos de quinua	0	10	20	30
Total	100	100	100	100
<b>Nutrientes</b>				
Proteína, %	16.787	16.001	15.467	15
FDN,%	30.9	37.8	43.8	42.3
EM, Kcal/Kg	2605	2203	2041	2000
Calcio, %	0.80	0.78	0.60	0.60
Fosforo	0.30	0.41	0.38	0.38
Sodio, %	0.20	0.20	0.20	0.15
Vit. C, %	0.02	0.02	0.02	0.02

Laboratorio de Nutrición Animal FMVZ.

T1: C+10%; T2: C+20; T3: C+30%

### 3.2.6. Materiales para la toma de muestra de heces

- Bolsa de plástico
- Bandejas de aluminio
- Espátula colectora de heces
- Bureta de 100 ml
- Mameluco
- Barbijo
- Cuaderno de registro

### 3.2.7. Equipos y materiales de laboratorio

- Estufa de convección
- Mufla de incineración
- Balanza de precisión
- Espátulas
- Molino
- Equipo de kjeldahl
- Calorímetro de bomba
- Congeladora
- Peletizador
- Aparato de extracción soxhlet
- Balones kjeldahl
- Frascos Erlenmeyer
- Beaker
- Buretas
- Crisoles

**3.2.8. Reactivos**

- Ácido sulfúrico
- Ácido bórico al 2%
- Catalizadores (sulfato de cobre, selenito de sodio)
- Hidróxido de sodio al 50%
- Alcohol etílico
- Hexano
- Rojo de metileno y azul de metileno
- Agua destilada
- Carbonato de sodio
- Alambre de la bomba calorimétrica

**3.2.9. Otros materiales**

- Balde
- Lavador
- Cuaderno de control
- Cámara fotográfica
- Escobilla
- Laptop
- Calculadora
- Regla
- Tijera
- Pizeta
- Papel filtro

### 3.3. Metodología

#### 3.3.1. Período de acostumbramiento

El período de acostumbramiento tuvo una duración de 7 días por etapa, para lograr que la flora microbiana y las características fisiológicas digestivas de los cuyes se ajusten a las nuevas dietas, además de evacuar el alimento anterior, la misma que se realizó de acuerdo a la siguiente secuencia.

- a) Previa identificación individual se tomó el peso vivo de los cuyes y se les confinó en jaulas metabólicas individuales, dándoseles el manejo pertinente.
- b) El alimento fue ofrecido a los animales, en una cantidad de 50 g/día repartidos en dos partes, 25 g por la mañana y 25 g en la tarde, en horario fijo (6:00 y 18:00h).
- c) El agua se ofreció *ad-libitum* durante todo el periodo del experimento, cambiándoseles diariamente antes de ofrecer el alimento.

#### 3.3.2. Período de colección

El período de colección tuvo una duración de 7 días por etapa, para las mediciones cuantitativas de alimento ofrecido, rechazado y consumido, así como las heces excretadas, sujeto al diseño Cuadrado Latino (Tabla 8), con 2 cuyes por dieta en todo momento.

Tabla 8. Distribución muestral de la dieta en cuatro etapas.

Etapa	Cuy			
	C1	C2	C3	C4
I	A (0%)	B (10%)	C (20%)	D (30%)
II	D (30%)	A (0%)	B (10%)	C (20%)
III	C (20%)	D (30%)	A (0%)	B (10%)
IV	B (10%)	C (20%)	D (30%)	A (0%)

Las heces se colectaron antes del suministro de los alimentos, luego fueron colocados en bandejas de papel aluminio debidamente identificadas con claves y fechas de colección, debidamente pesadas. El contenido de materia seca de las muestras de heces se determinó en estufa de convección, a 60°C, hasta peso constante, por un período  $\geq 72$  horas.

### 3.3.3. Determinación de la composición química

Una vez obtenida las muestras en materia seca, estas fueron molidas en un molino de impacto, a 2mm de diámetro de zaranda. Las muestras molidas fueron conservadas en bandejas de metal en condiciones de laboratorio, hasta realizar los análisis químicos.

La composición química se determinó mediante los métodos oficiales de la AOAC (1995), determinándose cenizas totales por incineración en mufla a 650°C por 4 horas, grasa bruta por extracción a reflujo con hexano en soxhlet, fibra detergente neutro por extracción a reflujo en vasos de Berzelius (Goering y Van Soest 1970), y proteína cruda por el método microkjeldahl (Bateman, 1970). El contenido de carbohidratos no fibrosos (CNF) se determinó por diferencia (Mertens, 1988).

$$CNF = 100 - (EE + FDN + PC + CT)$$

Donde:

*EE*: Extracto etéreo

*FDN*: Fibra detergente neutra

*PC*: Proteína cruda

*CT*: Ceniza total

### 3.3.4. Determinación de la digestibilidad de las dietas

La digestibilidad tuvo dos periodos: acostumbramiento y colección. El período de acostumbramiento tuvo una duración de 7 días por etapa, a fin de establecer el nivel de consumo de alimento, asegurar el recambio total de alimento en el tracto, ajustar el patrón enzimático al nuevo alimento, ajustar la población microbial cecal al nuevo alimento. El período de colección tuvo una duración de 7 días, durante el cual se realizaron las mediciones cuantitativas de alimento ofrecido y rechazado, así como de heces excretadas.

El dispositivo de colección estuvo conformado por dos mallas: una malla de mayor diámetro de cocada por donde pasan heces y orina pero no pasa cuy, y otra malla de cocada pequeña por donde pasa orina y no pasan heces.

La frecuencia de colección fue cada 24 horas en horario fijo (7:00h). Cada serie de muestras, tanto de alimentos como heces fue mezclada, molida y guardada para los análisis químicos correspondientes.

Se realizaron las siguientes mediciones: consumo de alimento, excreción de heces, composición de los alimentos y de las heces. La digestibilidad de la

materia seca y demás nutrientes se determinó mediante la fórmula de digestibilidad para el método de colección fecal total (Cochran y Galyean, 1994).

$$D, \% = \frac{\text{consumo} - \text{excreción}}{\text{consumo}} \times 100$$

Los nutrientes digestibles totales (NDT) se estimaron por deducción a partir del consumo de alimento, la excreción fecal y las composiciones químicas de alimento y heces, incluyendo en la composición, extracto etéreo (EE), fibra detergente neutro (FDN), proteína total (PT), ceniza total (CT) y carbohidratos no fibrosos (CNF)

### 3.3.5. Nutrientes digestibles totales

Los nutrientes digestibles totales (NDT) consiste en la expresión más antigua de la energía disponible del alimento para el animal. Se obtiene a partir de un experimento de digestibilidad convencional de un alimento con animales, a través de la siguiente ecuación (Nehring and Haenlein, citado por Roque, 2015).

$$\text{NDT, \%} = \frac{2.25Gd + Fd + Pd + CNFd}{MSC} \times 100$$

Donde:

EE : Extracto eterio (g)

FDN : Fibra detergente neutro (g)

PC : Proteína cruda (g)

CNF : Carbohidratos no fibrosos (g)

MSC : Materia seca consumida (g)

### 3.3.6. Energía digestible

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

$$ED, Kcal/Kg MS = \frac{EB, Kcal/d - EF, Kcal/d}{IMS, Kg}$$

Donde:

EB : Energía bruta consumida en el alimento (Kcal/d).

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

IMS : Ingestión de materia seca (Kg/d).

La energía digestible también puede estimarse a partir de NDT, utilizando el valor 4.4 Kcal por gramo de NDT (Schneider y Flatt, citado por Roque, 2015).

$$ED, Kcal = 4.4 \times g \text{ NDT}$$

### 3.3.7. Determinación de la digestibilidad de los residuos de quinua “jipi”

La digestibilidad de los residuos de quinua “jipi” se terminó mediante el método de remplazo (Kleiber, 1972 y Dadgar et al., 2010).

$$D_{RQ} = \frac{D_d + 0.7D_b}{\%sustitución}$$

Donde:

DRQ: digestibilidad de los residuos de quinua “jipi”

Dd: digestibilidad de la dieta (basal + % de residuos de quinua “jipi”)

Db: digestibilidad de la dieta basal

% sustitución: 10, 20 y 30% (como fracción de 1: 0.10, 0.20 y 0.30)

### 3.4. Análisis estadístico

Los datos de digestibilidad se analizaron a través de un diseño Cuadrado Latino (4x4x4), con cuatro pares de cuyes (columnas), cuatro etapas (filas) y cuatro dietas (tratamientos), cuyas medias se analizaron mediante la prueba de Tukey, utilizando el programa SAS 9.4 sujeto al siguiente modelo aditivo lineal fijo, a un nivel de significancia de 5% (Kuehl, 2001).

$$Y_{ijk} = \mu + \rho_i + \gamma_j + \tau_k + \xi_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  : Variable de respuesta

$\mu$  : Media general

$\rho_i$  : Variación entre etapas (filas)

$\gamma_j$  : Variación entre cuyes (columnas)

$\tau_k$  : Variación entre dietas (tratamientos)

$\xi_{ijk}$  : Variación entre observaciones (error)

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Digestibilidad de la materia seca (DMS)

#### 4.1.1. Dietas

La digestibilidad de la materia seca fue diferente entre las dietas ( $p < 0.05$ ), con promedios de 74.76% (control), 71.91% (T1), 71.47% (T2) y 73.83% (T3). Los datos se muestran en la Tabla 9.

Tabla 9. Digestibilidad de la materia seca, materia orgánica y energía digestible de las dietas ( $n = 8$  cuyes/grupo).

Variable	Dietas				EEM	P <sub>0.05</sub>
	Control	T1	T2	T3		
IMS, g/d	42.53 <sup>b</sup>	44.27 <sup>ab</sup>	43.44 <sup>ab</sup>	45.05 <sup>a</sup>	0.72	0.002
DMS, g/d	31.80 <sup>ab</sup>	31.83 <sup>ab</sup>	31.04 <sup>b</sup>	33.26 <sup>a</sup>	0.62	0.012
DMS, %	74.76 <sup>a</sup>	71.92 <sup>b</sup>	71.47 <sup>b</sup>	73.83 <sup>ab</sup>	1.01	0.0089
DMO, %	91.98 <sup>a</sup>	88.15 <sup>c</sup>	87.93 <sup>d</sup>	88.86 <sup>b</sup>	0.02	<.0001
NDT, %	86.26 <sup>a</sup>	81.34 <sup>b</sup>	80.05 <sup>b</sup>	81.73 <sup>b</sup>	1.19	0.0001
ED, Mcal/Kg MS	3.35 <sup>a</sup>	3.11 <sup>bc</sup>	3.03 <sup>c</sup>	3.19 <sup>b</sup>	0.05	<.0001

IMS = ingestión de materia seca, DMS = digestibilidad de materia seca, DMO = digestibilidad de materia orgánica, NDT = nutrientes digestibles totales, ED = energía digestible.

#### 4.1.2. Residuos de quinua “jipi”

La digestibilidad de la materia seca de los residuos de quinua “jipi” fue diferente ( $p < 0.05$ ) entre niveles de inclusión (Tabla 10). El nivel de inclusión de 30% (T3) mostró la mayor digestibilidad, frente al T1 y T2 (81.36, 76.80 y 64.44%).

Tabla 10. Digestibilidad de la materia seca, materia orgánica, contenido de nutrientes digestibles totales y energía digestible de residuos de quinua “jipi” (n = 8 cuyes/grupo).

Variable	Dieta			EEM	P 0.05
	T1	T2	T3		
DMS <sub>J</sub> , g	34.20 <sup>ab</sup>	27.99 <sup>b</sup>	36.66 <sup>a</sup>	3.15	0.036
DMS <sub>J</sub> , %	76.80 <sup>ab</sup>	64.44 <sup>b</sup>	81.36 <sup>a</sup>	6.44	0.045
DMO <sub>J</sub> , %	53.65 <sup>c</sup>	71.75 <sup>b</sup>	81.59 <sup>a</sup>	0.15	<.0001
NDT <sub>J</sub> , %	38.65 <sup>c</sup>	63.12 <sup>b</sup>	75.97 <sup>a</sup>	5.15	<.0001
ED <sub>J</sub> , Mcal/Kg MS	0.98 <sup>c</sup>	1.76 <sup>b</sup>	2.81 <sup>a</sup>	0.28	<.0001

IMS<sub>J</sub> = ingestión de materia seca del “jipi”, DMS<sub>J</sub> = digestibilidad de materia seca del “jipi”, DMO<sub>J</sub> = digestibilidad de materia orgánica del “jipi”, NDT<sub>J</sub> = nutrientes digestibles totales del “jipi”, ED<sub>J</sub> = energía digestible del “jipi”. T1: Jipi + 0%; T2: Jipi + 20%; T3: Jipi + 30% de inclusión de residuos de quinua “jipi”, respectivamente.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo fueron diferentes a los reportados por otros autores, tales como Mamani (1997) quien reportó 65.42% de digestibilidad de materia seca para la cañihua germinada, 79.36% para la cebada germinada y 74.19% para la alfalfa fresca en cuyes; Alencastre (1972) reportó 62.20 y 63.12% de digestibilidad de la materia seca del grano de quinua y grano de cañihua, respectivamente en cuyes.

Clemente et al. (2013) realizó estudios de digestibilidad de la materia seca en la zona tropical en cuyes en donde encontró de 76.0% de digestibilidad de la mezcla de (*Medicago sativa* + *Puya llatensi*) en un nivel de 25, 50, 75 y 100% siendo estos valores mayores a lo obtenido con el “jipi” de quinua.

Pastrana y Rúaless (2000) quienes determinaron la digestibilidad del nacedero (*T. gigantea*) y mata ratón (*G. sepium*) en mezcla con pasto imperial, en proporción

de 30% para nacedero + 70% pasto imperial y 30% de matarratón + 70% de pasto imperial en cuyes, donde la DMS fue de 74,55 y 76,20%.

Porras et al. (1991) quienes realizaron estudios de digestibilidad de materia seca de cebada molida como dieta control y cáscara de kiwicha, cáscara de quinua y cáscara de tarwi como alimentos en estudio, en cuyes de (79.1% el cual es ligeramente inferior, 51.1%, 52.2%, muy bajo) a lo encontrado con el “jipi” de quinua, mientras tanto 89.9 % del tarwi es mucho más alto a lo encontrado en los residuos de quinua “jipi”.

Gomez et al. (1998) realizó estudios de comparación de digestibilidad aparente de la materia seca del sorgo grano y harina de pescado en cuyes obteniendo (84.50 y 82.37%), los cuales son datos relativamente mayores a lo obtenido con el “jipi” de quinua.

Huayhua et al y Garay (2008) menciona que estudios realizados de digestibilidad de la materia seca de la cascara de algodón y cascarilla de arroz en cuyes fueron de 70.57 y 69.2%.

Kajjak et al. (1991) realizó estudios de digestibilidad de la materia seca del grano de cebada, cascara de quinua, cascara de kiwicha y cascara de tarwi en cuyes de 13 semanas de edad obteniendo resultados de (78.24, 64.17, 62.79, 80.78%), los cuales son datos similares a lo obtenido en el presente trabajo de investigación con jipi de quinua en comparación a la cascara de quinua.

Gómez et al. (1992) realizó estudios de digestibilidad de materia seca de la panca de maíz en cuyes estimando valores de digestibilidad que fue 28,2% (en 100 % de materia seca), los cuales son resultados muy bajos comparados con el “jipi” de quinua.

Estudios realizados en digestibilidad (Arenaza y Vergara, 1996) en cuy obtuvo la digestibilidad en base a materia seca de la harina de alga fue 60.30%.

Reyes y Vergara (2012) determina la digestibilidad del Hidrolizado de Harina de Plumas en cuyes (*Cavia porcellus*) en una proporción de inclusión de dieta experimental (80%Db + 20% harina de plumas hidrolizada) obteniendo resultados de 76.66 %.

Chauca et al. (1994) quienes al determinar la digestibilidad de la alfalfa (*Medicago sativa*) producida en la costa central para la alimentación de cuyes, registraron valores de digestibilidad aparente para la MS del 60,67%.

#### 4.2. Materia orgánica (MO)

##### 4.2.1. Dietas

En relación a la digestibilidad in vivo de la materia orgánica de los tratamientos utilizados en la alimentación de cuyes se muestra en (Tabla 9), los mayores DMO ( $P < 0.05$ ) lo registraron los tratamientos control 91.98%, seguido por el tratamiento T3 88.86%, T2 87.93%, T1 88.15%, lo cual comparados con (Mamani, 1997), estudios realizados con cebada germinada, alfalfa verde, cañihua germinada (81.03, 73.86 y 69.08%) que son datos mucho menores a los obtenidos con inclusión de “jipi” de quinua.

##### 4.2.2. Residuos de quinua “jipi”

La digestibilidad de la materia orgánica tiene el mismo comportamiento que la materia seca (Tabla 10) T3, T2 y T1 (81.59, 71.75 y 53.65%) con un valor alto de diferencia significativa de ( $P < 0.05$ ), sin embargo los estudios por (Huayhua et al. y Garay et al. 2008) indican el valor de digestibilidad encontrado para materia orgánica de cascarilla de arroz y subproductos de trigo y cascara de algodón son

(69.06, 73.29% y 67.16), lo cual indica que el “jipi” de quinua tiene una mejor digestibilidad comparados con estos subproductos mencionados.

Gómez et al. (1992) realizó estudios de digestibilidad de materia orgánica de la panca de maíz en cuyes estimando valores de digestibilidad de materia orgánica que fue 28,8% (en 100 % de materia seca), los cuales son resultados muy bajos comparados con el “jipi” de quinua.

Arenaza y Vergara (1996) realizó estudios en digestibilidad en cuy alimentadas con harina de alga, obteniendo la digestibilidad en base a materia orgánica fue 55.07%.

Reyes y Vergara (2012) determina la digestibilidad de la materia orgánica de la harina de plumas hidrolizadas en cuyes en una proporción de inclusión de dieta experimental (80%Db + 20% harina de plumas hidrolizada) obteniendo resultados de 78.30 %.

#### **4.3. Nutrientes digestibles totales (NDT)**

##### **4.3.1. Dietas**

En relación al nutriente digestible total de la dieta en cuyes fueron mayor en la dieta control con 86.26%, seguido por el T3 con 81.73%, T1 y T2 con valores de 81.34, 80.05% en el que existe una diferencia estadística con ( $P < 0.05$ ) entre tratamientos.

Pastrana y Rúaless (2000) quienes realizaron estudios para determinar la digestibilidad del nacedero y matarratón (*Gliricidia sepium*) en mezcla con el pasto imperial, en proporción de 30% para nacedero + 70% pasto imperial y 30% de matarratón + 70% de pasto imperial, donde el NDT fue 69,41 y 70,18%, Respectivamente, siendo valores bajos a lo encontrados con “jipi” de quinua.

Saravia et al., 1984. Realizó estudios de nutrientes digestibles totales en cuyes machos de 5 meses de edad alimentando con 150g de cada uno de los alimentos en experimento + 20g de dieta control/día, para hoja de maíz chala 50,1 %, tallo de maíz chala 60,2 %, alfalfa 59,5 % los cuales son datos muy bajos en relación a las dietas con inclusión de “jipi” de quinua.

#### 4.3.2. Residuos de quinua “jipi”

Los nutrientes digestibles totales del “jipi” de quinua en la alimentación de cuyes fueron de (38.65, 63.12 y 75.97%) para T1, T2 y T3 respectivamente en donde nuevamente los resultados muestran alta digestibilidad del T3 y guardando relación con la  $DMS_J$ ,  $DMO_J$  y  $ED_J$ .

Mientras tanto estudio realizado de nutrientes digestibles totales aparente por (Gómez et al. 1998), en alimentación de cuyes con sorgo y harina de pescado encontraron valores mayores de 84.94 y 80.60%.

Castro et al., (1990) realizó estudios del contenido de nutrientes digestibles totales de la sangre cocida en cuyes de engorde 73,31% los cuales son resultados inferiores a lo encontrado con la inclusión de “jipi” de quinua.

Porras et al. (1991) quien realizó estudios de nutrientes digestibles totales de cebada molida como dieta control y cascara de kiwicha, cascara de quinua y cascara de tarwi como alimento en estudio, en cuyes de (79.7%, 43.4%, 45.9% 78.5 %), los cuales se encuentran dentro el rango encontrado con el “jipi” de quinua.

Meza-Bone et al. (2012) realizó estudios de nutrientes digestibles totales de morera, caraca, botón de oro y cucarda T0, T3, T1 y T4 (81,14; 80,59; 78,78;

76,76%), que son pastos arbustivos de la zona tropical, en la alimentación de cuyes encontrando valores de digestibilidad similares a los encontrados en el estudio con “jipi” de quinua.

#### 4.4. Energía digestible (ED)

##### 4.4.1. Dietas

Mientras tanto la energía digestible mostro una ligera tendencia al incremento con el nivel de inclusión de “jipi” de quinua como se muestra: control 3.35, T3 3.19, T1 3.11 y T2 3.03Mcal/Kg MS, mostrando una diferencia significativa (Tabla 9). Por lo tanto, el nivel de inclusión tuvo influencia sobre el contenido de energía digestible de la mezcla de jipi de quinua con la dieta control en cuyes, con un valor promedio de  $3.168 \pm 0.13$  Mcal/Kg de materia seca que representa la medida simple más importante del valor energético del alimento.

Mientras tanto (Campos, 2003) realizó estudios que mencionan la digestibilidad en cuyes de tres especies de leguminosa (*Vicia villosa*, *Trifolium repens* y *Lolium multiflorum*) en relación a la alfalfa mostrando 2.806Mcal/Kg de energía digestible.

##### 4.4.2. Residuos de quinua “jipi”

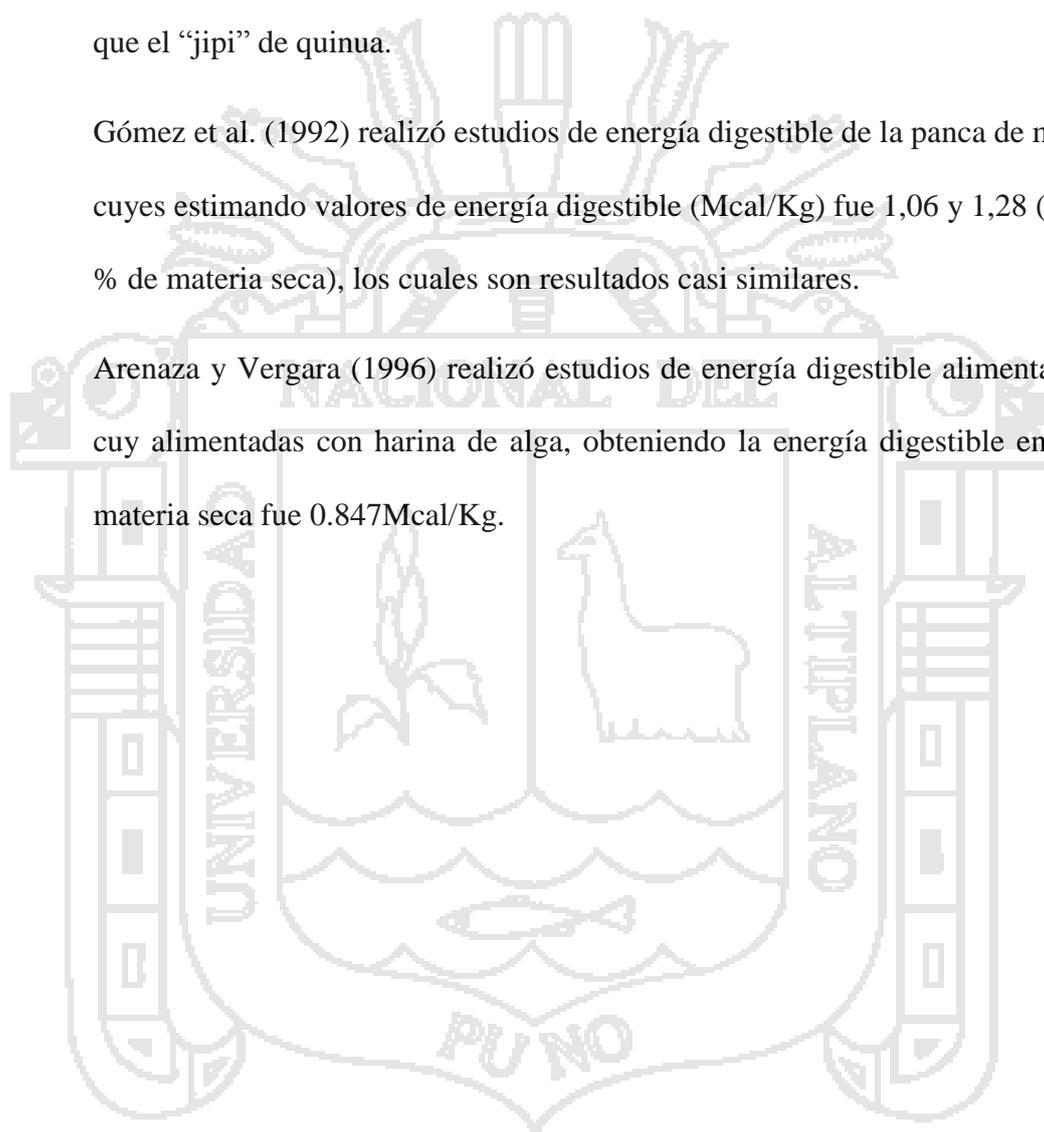
Los resultados de la energía digestible de “jipi” de quinua fueron T3, T2 y T1 (2.81, 1.76 y 0.98) respectivamente (Tabla 10), mostrando una alta diferencia estadística entre niveles con ( $P < 0.05$ ), sin embargo autores como (Garay et al., 2008) determinó el coeficiente de energía digestible de la cascarilla de arroz y cáscara de algodón en cuyes en crecimiento y engorde obteniendo como resultado de 2.92 y 3.12Mcal/Kg MS lo cual es bajo frente a la energía digestible de del “jipi” de quinua, y sin embargo (Bellido et al, 2008) realizó estudios de

energía digestible en cuyes de engorde alimentados con harinilla de trigo obteniendo de 3.51Mcal/Kg MS, el cual es superior a lo obtenidos con “jipi” de quinua.

Gómez et al. (1998) realizó estudios de energía digestible de la materia seca del sorgo grano en cuy obteniendo 3.61Mcal/Kg teniendo mayor energía digestible que el “jipi” de quinua.

Gómez et al. (1992) realizó estudios de energía digestible de la panca de maíz en cuyes estimando valores de energía digestible (Mcal/Kg) fue 1,06 y 1,28 (en 100 % de materia seca), los cuales son resultados casi similares.

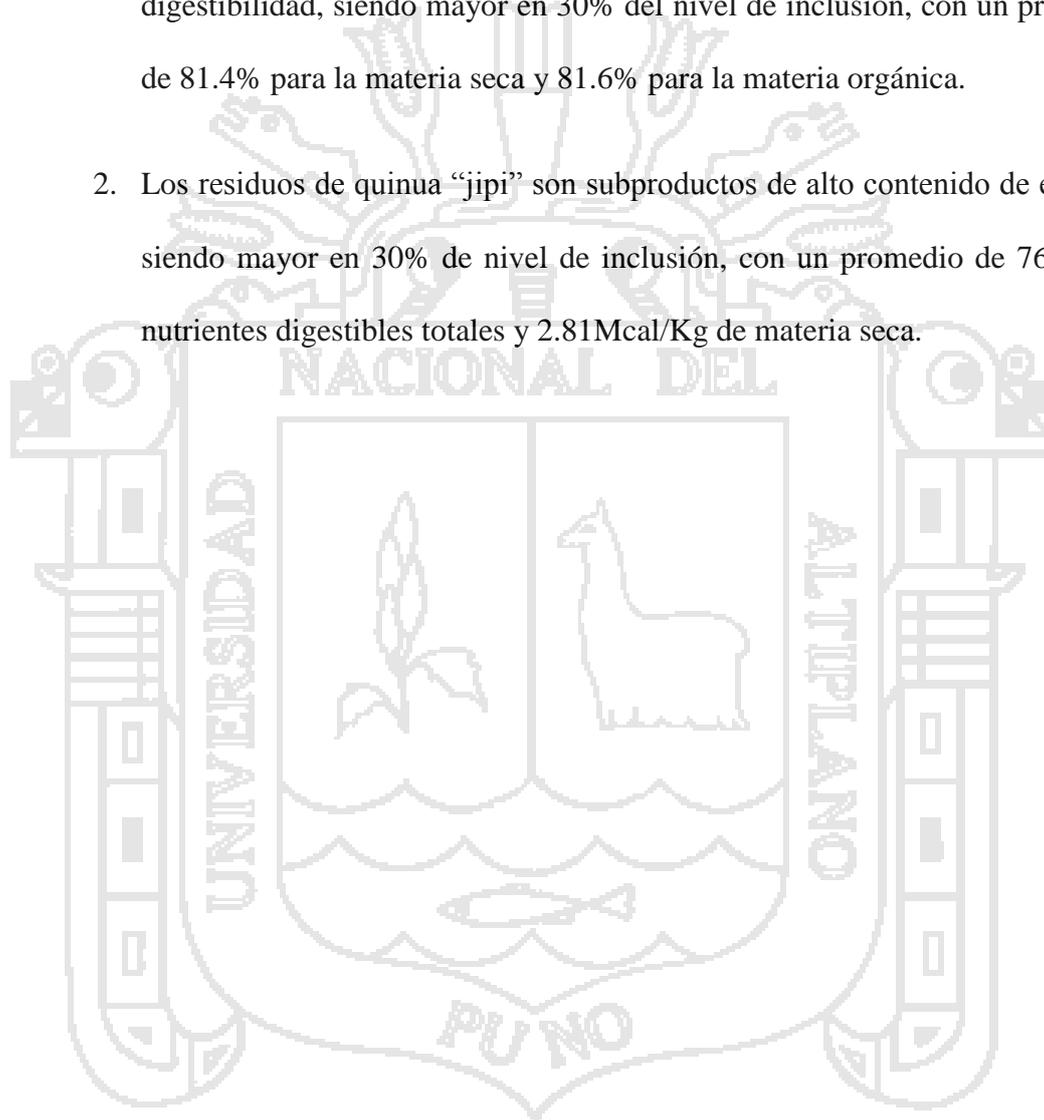
Arenaza y Vergara (1996) realizó estudios de energía digestible alimentando en cuy alimentadas con harina de alga, obteniendo la energía digestible en base a materia seca fue 0.847Mcal/Kg.



## V. CONCLUSIONES

Los residuos de quinua “jipi” son recursos fibrosos de utilidad en la alimentación de cuyes en crecimiento, con las siguientes características:

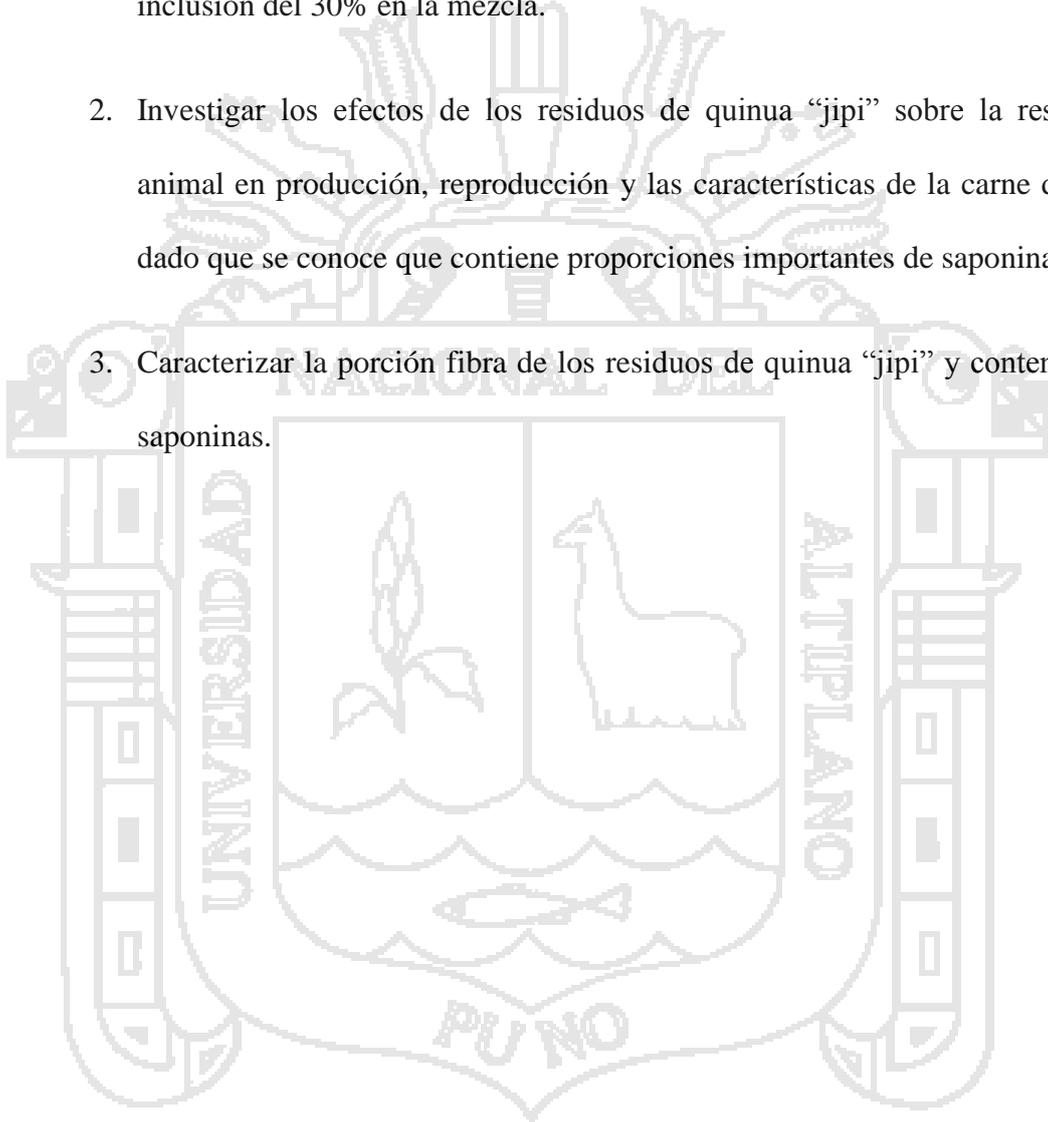
1. Los residuos de quinua “jipi” son subproductos fibrosos de alta digestibilidad, siendo mayor en 30% del nivel de inclusión, con un promedio de 81.4% para la materia seca y 81.6% para la materia orgánica.
2. Los residuos de quinua “jipi” son subproductos de alto contenido de energía, siendo mayor en 30% de nivel de inclusión, con un promedio de 76.0% de nutrientes digestibles totales y 2.81Mcal/Kg de materia seca.



## VI. RECOMENDACIONES

A partir de los resultados y conclusiones obtenidas en el trabajo, se propone las siguientes recomendaciones:

1. Utilizar residuos de quinua “jipi” en la alimentación de cuyes, en un nivel de inclusión del 30% en la mezcla.
2. Investigar los efectos de los residuos de quinua “jipi” sobre la respuesta animal en producción, reproducción y las características de la carne de cuy, dado que se conoce que contiene proporciones importantes de saponinas.
3. Caracterizar la porción fibra de los residuos de quinua “jipi” y contenido de saponinas.



**VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Abugoch, L., N. Romero, C. Tapia, J. Silva, and M. Rivera. 2008. Study of some physicochemical and functional properties of quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) protein isolates. *J. Agric. Food Chem.*, 56: 4745-4750pp.
- Alencastre, M. S. 1972. Digestibilidad *in vitro* (primera etapa) de materia seca en granos de quinua (*Chenopodium quinoa wild*) y cañihua (*Chonopodium paltidicaule allen*) tesis de investigación agronómica UNA-Puno.
- Aliaga, L. 1996. Producción de cuyes. Universidad Nacional del Centro del Perú. 1ª ed. Huancayo, Perú. Edit. UNCP. 145-179pp.
- Amaro, F. 1977. Diferentes niveles de vitamina C en la alimentación de cuyes a base de concentrado, desde el destete hasta la saca. Huancayo. UNCP. 68p (Tesis).
- Anrique, R., V. Moreira, J. Dumont y D. Alomar. 1996. Valor energético de ensilajes de corte directo en la zona sur. In: Producción Animal. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Instituto de Producción Animal. Serie B-19. 131-134pp.
- Anrique, R. 1994. Avances en valoración de alimento para rumiantes. In: Producción Animal. Fondo de Investigación Agropecuaria, Ministerio de agricultura, Valdivia, Chile. 57p.
- AOAC, 1995. Official methods of analysis 15<sup>th</sup> ed. Association official of analytical chemists, Arlington, VA.
- Apaza, V. y P. Delgado. 2005. Manejo y mejoramiento de quinua orgánica. Puno, Perú. Serie manual N° 01- Estación experimental agraria. ILLPA-Puno.

- Arenaza, M. R. F. y V. R. Vergara. 1996. “Determinación de la digestibilidad y energía digestible de la harina de alga (*Chara globulares*) en el cuy”.
- Arroyo, O. 1986. Avances de Investigación sobre cuyes en el Perú. Proyecto PISA, INIPA, CIID, ACIDI. Series de –Informes técnicos N° 7. Lima – Perú. 331 p.
- Aylwin, P. 1987. Validación del método de digestibilidad *in situ* y su comparación con el método *in vitro* y de digestibilidad aparente. Tesis Licenciatura Agronomía, Universidad de Chile, Escuela de Agronomía, Santiago, Chile. 75p.
- Bateman, J. 1970. Nutrición animal. Manual de métodos analíticos. Herrero Hermanos, Sucesores, S.A. Mexico.
- Bellido, Z. R. B., V. R. Vergara, L. F. Chauca y R. M. E. Remigio. 2008. “Digestibilidad y energía digestible del hominy feed y la harinilla de trigo en cuyes (*Cavia porcellus*)”.
- Benito, D. 2008. Evaluación de la suplementación de vitamina C estabilizada en dietas paletizadas de inicio y crecimiento en cuyes mejorados (*Cavia porcellus L.*) Tesis Magíster Scientiae. Escuela de Postgrado. UNALM. Lima – Perú. 110 p.
- Cáceres F., R. Jiménez, M. Ara, H. Huamán y A. C. Huamán. 2004. Evaluación del espacio vital de cuyes criados en pozas. Centro de Investigaciones IVITA, FMV-UNMSM. Rev. investig. vet. Perú v.15 n.2 Lima- Perú.
- Campos, J. A. 2003. Digestibilidad de leguminosas y gramíneas forrajeras en la alimentación de cuyes. Tesis para Ingeniero Agrónomo. Cochabamba. Univ. Mayor de San Simón. 73 p.

- Carrasco, C., D. Cuno, K. Carlqvist, M. Galbe, and G. Lidén. 2014. SO<sub>2</sub>-catalysed steam pretreatment of quinoa stalks. *J. Chem. Technol. Biotechnol.*, DOI: 10.1002/jctb.4286p.
- Castro, B. y P. Chirinos. 1994. Avances en nutrición y alimentación de cuyes Crianza de Cuyes, Guía Didáctica. Universidad Nacional del centro Huancayo, Perú. 136 – 146pp.
- Castro, J., D. Chirino y P. Astete. 1990. Valor nutritivo, digestibilidad y NDT de la harina de sangre en cuyes (*Cavia porcellus*) Asociación Peruana de Producción Animal APPA, XII reunión científica anual Universidad Nacional del Centro Lima-Perú. 107p.
- Cerda, D., H. Manterola y L. Sirhan. 1986. Validación y estudios comparativos de métodos estimadores de la digestibilidad aparente de alimentos para rumiantes. II Estudio comparativo de los métodos in vitro e in situ como predictores de la digestibilidad aparente. *Avances en Producción Animal*. 11 (1-2): 53-62pp.
- Chauca, L. 1997. Producción de Cuyes (*Cavia porcellus*) Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. FAO. Roma – Italia. 120 p. En:<http://www.fao.org/docrep/w6562s/w6562s00.HTM>
- Chauca, L. F., M. A. Zaldívar, J. G. Muscari. 1994. Digestibilidad de forrajes en cuyes criollos y mejorados. En Proyecto sistemas de producción de cuyes. Tomo II. Lima, Perú: Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA) Lima – Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo (CIID) Canadá. 36-37pp.

- Church, D. 1990. Fundamento de Nutricion e Alimentacion de Animales. 3<sup>a</sup> ed. Mexico. Edit. UTEHA. 512p.
- Church, D. y W. Pond. 1977. Bases científicas para la nutrición y alimentación de los animales domésticos. Acribia, Zaragoza, España. 462p.
- Clemente, E. J., T. F. Arbaiza, F. C. Carcelén, O. A. Lucas y V. R. Bazán. 2013 Evaluación del valor nutricional de la *Puya llatensis* en la alimentación del cuy (*Cavia porcellus*), Laboratorio de Bioquímica, Nutrición y Alimentación, FMV-UNMSM, Laboratorio de Producción Agropecuaria, FMV-UNMSM Lima-Perú. 4p.
- Cochran, R. C. and M. L. Galyean. 1994. Measurement of in vivo foragen digestion by ruminant. In: Fahey, G.C. Jr Forage Quality, Evaluation, and Utilization. ASA-CSSA-SSSA. Madison, Winconsin. 613-643pp.
- Collazos, O. 1996. Tablas Peruanas de Composición de Alimentos. 7 ed. Ministerio de Salud. Instituto Nacional de Salud / Centro Nacional de Alimentación y Nutrición. Lima, Peru.
- Coulter, L. y K. Lorenz. 1990. Quinoa-composition, nutrition value, food applications. Lebens. Wiss. Technol. 23:203-215pp.
- Coyotopa, V. 1986. Rendimiento reproductivo y productivo en cuyes de acuerdo a la densidad por poza. Tesis de Grado. Universidad Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú. 60p.
- Crodau, M. 1977. Comparative Study of Energy Consumption in Biological and Conventional Agriculture. IFOAM. Boletin. 20p.
- Dadgar, S., C. R. Saad, M. S. Kamarudin, A. R Alimon, S. A. Harmin Satar, and A. A. M. Nafisi. 2010. Partial or Total Replacement of Soybean Meal

with Iradian Cottonseed Meal in Diets for Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). Research journal of Fisheries and Hydrobiology, 4(1):22-28pp.

Doweidar, M. M. and A. S. Kamel. 2011. Using of quinoa for production of some bakery products (gluten-free). Egyptian J. of Nutrition. XXVI (2):21-52pp.

FAO, 2010. Food and agricultura organization of the united nations. (INDDA) Instituto de Desarrollo Agroindustria. INPhO compendio de poscosecha. EEUU. 12p.

FAO, 2011. Quinoa. An ancient crop to contribute to world food security. Regional office for Latin America and the Caribbean. July 2011. Rome.

FMVZ-UNA. 2012. Laboratorio de Nutrición Animal, Análisis quinua de residuos de quinua UNA Puno Perú.

Garay I. G., V. R. Vergara, L. F Chauca, y R. M. E. Remigio. 2008. Digestibilidad y energía digestible de la cáscara de algodón y cascarilla de arroz en cuyes (*Cavia porcellus*)". 63p.

Givens, D., J. Everingto y A. Adamson. 1990. The digestibility and metabolisable energy content of grass silage and their prediction from laboratory measurements. Animal Feed Science and Technology. 24: 27-43pp.

Goering, H. y J. Van Soest. 1970. Evaluación de la fibra en los forrajes. Folleto traducido por Pezo, D., Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima-Perú.

- Gómez, C. y V. Vergara. 1994. Fundamentos de la nutrición y alimentación de cuyes. Crianza de Cuyes. Lima – Perú. 70 p.
- Gómez, C., N. Caballero y J. Saravia. 1992. Valor nutricional de la panca de maíz digestibilidad en el cuy, Proyecto Sistemas Producción de Cuyes INIA; CuD Universidad Nacional Agraria la Molina Perú. 131p.
- Gómez, M. D Q., V. R. Vergara, y V. L. Hidalgo. 1998 “Determinación de la digestibilidad y energía digestible del sorgo grano y harina de pescado prime para el cuy”, Universidad Nacional Agraria La Molina Lima, Perú. 11- 12pp.
- Hanna, J. M. and C. A. Hornick. 1977. Use of coca leaf in southern Peru: adaptation or addiction. Bull Narc., 29:63-74pp.
- Held, A. 1994. Energía digestible y metabolizable in vivo de ensilajes de maíz de dos variedades de diferente precocidad. Tesis Licenciatura Agronomía, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Valdivia, Chile. 66p.
- Hidalgo, V. T. Montes, Cabrera y P. A. Moreno. 1995. Crianza de cuyes Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 128p.
- Higaonna, R. 2005. Producción y manejo de cuyes. En: Crianza de cuyes. Guía didáctica. INIA. Lima-Perú. 39-46 pp.
- Huayhua E. V., V. R. Vergara, L. F. Chauca y R. M. E. Remigio. 2008. Determinación de los coeficientes de digestibilidad y energía digestible del bagazo de marigold (*Tagetes erecta*) y subproducto de trigo (*Triticum sativum*) por calorimetría en el cuy (*Cavia porcellus*) mejorado”. 59p.

- Garay I. G., V. R. Vergara, L. F. Chauca y R. M. E. Remigio. 2008. “Digestibilidad y energía digestible de la cáscara de algodón y cascarilla de arroz en cuyes (*Cavia porcellus*)”. 63p.
- Illanes, R. 1989. Estudio comparativo de las digestibilidades in vivo, in situ y enzimático para siete forrajes de uso común en rumiantes. Tesis Licenciatura Ingeniero Agronomo, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Santiago, Chile. 108p.
- Inga, R. 2008. Evaluación de dos niveles de energía digestible y dos niveles de fibra cruda en dietas de crecimiento, con exclusión de forraje para cuyes Raza Perú (*Cavia porcellus*). Tesis optar el Título de Ingeniero Zootecnista. UNALM. Lima- Perú. 74p.
- INIA-DGPA, 2003. Informe Situacional de la Crianza del Cuy. Lima – Perú.
- Jacobsen, S. E. 2003. The Worldwide Potential for Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*). Food Reviews International, 19(1): 167-177pp.
- Jesús, M. 2003. Equilibrio de la flora intestinal del cuy. XV Reunión Científica de la Asociación Peruana de Producción Animal (APPA). Pucallpa-Perú.
- Kajjak, N., A. Atanacio, L. Chauca y L. Castro. 1991. Evaluación nutritiva de residuos de quinua, kiwicha y tarwi en cuyes, EEA Santa Ana, EEA La Molina INIAA y UNCP Huancayo Perú. 124p.
- Kirchgessner M. y Tyler, 1992. Tierernährung. DLG-Verlag Frankfurt, Alemania. 533p.
- Kuehl, R. 2001. Diseño de Experimentos. Principios estadísticos para el diseño y análisis de investigaciones. Versión Española de la 2da Edición. Thomson-Learning. The University of Arizona.

- Lammers, P. J., S. L. Carlson, G. A. Zdorkowski, and M. S. Honeyman. 2009. Reducing food insecurity in developing countries through meat production: the potential of guinea pig (*Cavia porcellus*). *Renewable Agriculture and Food Systems*.24:155-162pp.
- León J. M. H. 2003. Cultivo de quinua y descripción, manejo y producción en la región Puno. Perú. 31p.
- Mamani, M. F. O. 1997. “Digestibilidad in vivo por diferencia de cañihua germinada, cebada germinada, forraje hidropónico de cebada y alfalfa verde en cuy (*Cavia porcellus*)” tesis de investigación veterinaria, UNAP-Perú. 45p.
- Marca, S. V., W. J. Chauca, J. C. Q. Quispe y V. C. Mamani. 2011. Comportamiento actual de los agentes de la cadena productiva de quinua en la región Puno. Dirección Regional Agraria Puno Perú. 8p.
- Maynard, L. 1955. Nutrición animal. Unión Tipográfica Hispano Americana, Ciudad de México, México. 484p.
- Maynard, L. 1981. Nutrición Animal. 7ª ed. México. Edit. McGraw Hill. 215-217pp.
- Maynard, L., J. Loosli y H. Hintz. 1981. Nutrición Animal. Cuarta Edición. MC Graw – Hill. 120p.
- McDonald, J. 1995. Animal Nutrición. 5ª ed. EEUU. New York. Se. 85p.
- McDonald, P., R. Edward, y J. Greenhalgh, 1979. Nutrición animal. Acribia, Zaragoza, España. 462p.
- Kleiber, M. 1972. Joules vs. Calories in Nutrition. *J. Nutr.* 102: 309-312pp.

- Mertens, D. R. 1988. Balancing Carbohydrates in dairy rations. Proc. Large Herd dairy Mgmt. Conf. Dept. Animal Sci. Cornell Univ. Ithaca, NY. 150p.
- Meza-Bone, G. A., A. R. Sánchez-Laiño, M. A. Meza- Chica, C. J. Meza-Bone, N. G. Franco-Suescum, J. H. Avellaneda-Cevallos, K. A. Estupiñán-Véliz, A. E. Barrera-Álvarez, R. P. Cabrera, Verdezoto. 2012. Digestibilidad *in vivo* de forrajeras arbustivas tropicales para la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus linnaeus*), Unidad de Investigación Científica y Tecnológica, Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Los Ríos, Ecuador. 7p.
- Morales, E. 1994. The Guinea Pig in the Andean Economy: From household animal to market commodity. Latin American Research Review, Vol. 29, No. 3: 129-142pp.
- Moreira, V. 1995. Predicción de la digestibilidad y energía (EM, ED) *in vivo* de ensilajes de pradera permanente en tres estados fenológicos, a partir de parámetros químicos y biológicos. Tesis Magíster en Ciencias, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile. 123p.
- Moreno, A. 1989. Producción de cuyes. Universidad Nacional Agraria La Molina Departamento de producción animal. Lima – Perú. 132p.
- Mujica, A. 1983. Selección de Variedades de Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) en Chapingo, México. Tesis de M.C. Colegio de Postgraduados, Centro de Genética. Chapingo, México.

Mujica, A., R. Ortiz, A. Bonifacio, R. Saravia, G. Corredor, A. Romero y S. Jacobsen. 2006. Agroindustria de la quinua en los países andinos. Puno, Perú. Altiplano E.I.R.L. 26-28pp.

Nacional Research Council (NRC). 1995. Nutrient Requeriments of Laboratory Animals. Fourth revised edition. Washintong. USA. 192p. [http://www.nap.edu/catalog \[2 -12-2008\]](http://www.nap.edu/catalog [2 -12-2008]).

Nehring, K., and G. F. W. Haenlein. 1973. Feed evaluation and ration calculation based on net energy <sub>FAT</sub>. J. Anim. Sci. 36: 949-964pp.

O'dell, B. L., E. R. Morris and W. O. Regan. 1960. Magnesium requirement of guinea pigs and rats. Effect of calcium and phosphorus and symptoms of magnesium deficiency. Journal of Nutrition Vol. 70. 103-111pp. Official methods of analysis of AOAC International, 16th edition. Volume 1. 1995 pp.

Ogungbenle, H. N. 2003. Nutritional evaluation and functional properties of quinoa (*Chenopodium quinoa willd.*) flour. International Journal of Food Sciences and Nutrition 54, 153 -158pp.

Oshodi, A., H. Ogungbenle and M. Oladimeji. 1999. Chemical composition, nutritionally valuable minerals and functional properties of benniseed, pearl millet and quinoa flours. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 50, 325-331pp.

Pastrana, S. M. y E. P. Rúales. 2000. Digestibilidad aparente de los forrajes imperial (*Axonopus scorparius*), nacedero (*Trichanthera gigantea*) y matarratón (*Gliricidia sepium*) en cuyes. In: V Curso y V Congreso Latinoamericano de Cuyicultura y Mesa Redonda sobre Cuyicultura

Periurbana. Puerto Ayacucho, Colombia. Memorias...Facultad de Ciencias Pecuarias, Universidad de la Amazonía, Florencia. 74p.

Patricio, H. 2002. Sistema de crianza de cuyes a nivel familiar-comercial en el sector rural. Benson Agriculture and Food Institute Brigham Young University Provo, Utah, USA.

Porras, S., J. Castro, D. Chirinos. 1991. Valor nutritivo digestibilidad y NDT de las cascaras de kiwicha, quinua, tarwi y cebada moliada en cuyes, Asociación Peruana de Producción Animal APPA, XIII reunión científica anual UNCP Huancayo-Perú. 47p.

Reyes, N. A. I. y V. R. Vergara. 2012. “Determinación de la digestibilidad y energía digestible de la harina de plumas hidrolizada en cuyes (*Cavia porcellus*)” Perú.

Rico, N. E., S. M. Azuga y G. Holting. 1994. Alimentación en cuyes. En: Proyecto de mejoramiento genético y manejo del cuy en Bolivia (Mejor cuy). Universidad Mayor de San Simón. Boletín Técnico N° 1. 3-18pp.

Rivera, R. 1995. Cultivos Andinos en el Perú. Investigaciones y Perspectivas de su Desarrollo. Editorial Minerva. Lima, Perú. 417 p.

Roque, B. H. 2015. Nutrición y alimentación animal consumo y digestibilidad, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia Universidad Nacional del Altiplano Puno-Perú. 5-6pp.

Roque, B., J. L. Bautista, M. J. Aranibar, R. D. Rojas, D. Pineda, A. Flores, F. Rojas y C. Pinares. 2012. Uso de concentrado fibroso en el incremento de la productividad y la disminución de las emisiones de metano entérico en ganadería de altura. XXXV Reunión Científica Anual de la

Asociación Peruana de Producción Animal (APPA 2012). Libro de Resúmenes. 11-19pp.

Samané, J. 1983. Niveles de Energía en Cuyes en Reproducción y en Crecimiento. Tesis de Grado. Universidad Agraria la Molina. Lima-Perú. 96 p.

Saravia, J., W. Rodríguez, I. Ruesta, L. Chauca, J. Muscari. 1984. Coeficiente de digestibilidad de la hoja y tallo de maíz chala, alfalfa, grama china, hoja y tallo de Camote en cuyes Estación Agropecuaria La Molina INIPA. Proyecto Animales Menores, Lima Perú. 55p.

SENAMHI, 2014. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, SENAMHI.[www.senamhi.gob.bo/meteorologia/pronosticoextendido.ph](http://www.senamhi.gob.bo/meteorologia/pronosticoextendido.ph)  
p.

Shams, A. 2011. Combat degradation in rain fetáreas by introducing new drought tolerant crops in Egypt. Int. J. Wáter Resources and arid Environ., 1:318-325pp.

Simon, M. 1992. Efecto de aditivos estimulantes, inhibidores y absorbentes, sobre la digestibilidad del ensilaje en terneros rumiantes. Tesis Licenciado en Agronomía. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Valdivia, Chile. 53p.

Smil, V. 1999. Crop residues: Agriculture's largest harvest. Crop residues incorpórate more tan half of the world's agricultural phitomass. BioScience, 49:299-308pp.

- Suca, F. 2006. Competitividad del Agro negocio de la Quinoa (*Chenopodium quinoa willd*) Región Puno. En Lima, Perú. Tesis para optar el grado de M.S. en Agro negocios, Lima, Perú.
- Ticona, M. 1981. Alternativas de Fertilización y Abonamiento en el cultivo de Quinoa (*Chenopodium quinoa willd*). Tesis de grado. Universidad Nacional del Altiplano.
- Tilley, J. y R. Terry, 1963. A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *Journal of British Grassland Society*. 18: 104-111pp.
- Torres, A. 2006. Evaluación de dos niveles de energía y proteína en dietas de crecimiento para cuyes (*Cavia porcellus*) machos. Tesis Ingeniero Zootecnista. UNALM. Lima – Perú. 73p.
- Vega-Gálvez, A., M. Miranda, J. Vergara, E. Uribe, L. Puente and E. A. Martínez. 2010. Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa willd*), an ancient Andean grain: a review. *J. Sci. Food Agric.*, 90:2541-2547pp.





DATOS DE EXPERIMENTO DE METABOLISMO

## COMPOSICION QUIMICA Y ENERGIA BRUTA

Tabla 11. Composición química de las dietas analizadas en relación a su materia seca MS en (%).

Variable	DIETA			
	Control	T1	T2	T3
MS, %	90.13	92.83	91.89	93.50
PT, %	16.26	15.60	16.52	15.23
FDN, %	30.34	30.56	21.99	29.47
EE, %	6.79	5.92	6.38	6.31
CT, %	6.47	10.28	10.31	9.65
CNF, %	40.15	37.65	44.80	39.35
EB, kcal/g MS	4.45	4.26	4.30	4.37
MO, %	92.82	88.93	88.78	89.68

Tabla 12. Composición química de heces de cuy del experimento de digestibilidad en relación a su MS en (%).

Etapa/Cuy	Tratamiento	MS	PT	FDN	EE	CT	CNF	EB
(I)	%	%	%	%	%	%	%	kcal/gMS
3	B+0	69.51	17.85	49.92	5.40	11.05	15.78	4.455
4		63.33	15.27	50.26	3.22	9.91	21.34	4.434
5	B+10	72.96	15.18	42.66	3.97	17.74	20.46	4.133
6		64.22	13.95	42.76	6.15	19.66	17.38	3.953
7	B+20	75.64	14.04	51.89	5.40	14.63	14.04	4.337
8		64.89	16.43	48.26	6.91	13.40	15.01	4.572
1	B+30	63.95	17.08	44.03	4.35	17.70	16.83	4.328
2		70.81	17.09	48.96	5.72	15.99	12.24	4.494
Promedio		68.164	15.861	47.343	5.140	15.010	16.635	4.338

## (II)

5		62.53	18.53	53.26	3.79	12.321	12.10	4.308
6	B+0	51.24	19.81	49.53	5.22	12.571	12.87	4.382
7		65.59	13.71	48.44	4.35	19.714	13.78	3.932
8	B+10	55.65	15.42	48.97	5.65	18.806	11.16	4.124
1		62.56	15.00	53.49	4.14	15.792	11.58	4.184
2	B+20	60.88	15.22	58.02	3.24	14.356	9.16	4.333
3		73.29	18.03	50.20	5.08	15.925	10.77	4.526
4	B+30	63.11	18.01	50.24	4.06	15.944	11.75	4.340
<b>Promedio</b>		<b>61.86</b>	<b>16.72</b>	<b>51.52</b>	<b>4.44</b>	<b>15.68</b>	<b>11.65</b>	<b>4.27</b>

## (III)

7		52.88	15.16	60.57	4.52	11.57	8.17	4.322
8	B+0	49.53	15.81	59.96	3.94	10.47	9.82	4.456
1		48.71	12.86	53.26	2.48	17.70	13.70	3.979
2	B+10	56.66	11.52	52.79	3.66	17.24	14.78	4.125
3		56.66	15.63	58.44	4.16	12.83	8.94	4.469
4	B+20	57.21	19.95	56.68	3.23	12.14	8.00	4.477
5		55.09	17.20	52.04	4.38	13.99	12.39	4.556
6	B+30	62.57	16.93	54.32	5.31	13.95	9.49	4.493
<b>Promedio</b>		<b>54.91</b>	<b>15.63</b>	<b>56.01</b>	<b>3.96</b>	<b>13.74</b>	<b>10.66</b>	<b>4.36</b>

## (IV)

1		45.96	15.00	60.56	2.60	13.13	8.71	4.175
2	B+0	44.66	15.02	60.24	4.37	10.72	9.65	4.399
3		67.55	15.58	50.52	4.31	16.50	13.09	4.299
4	B+10	56.76	13.00	54.95	3.68	17.35	11.02	4.107
5		57.70	15.47	54.85	4.58	13.00	12.11	4.528
6	B+20	53.33	14.74	58.48	4.67	13.03	9.07	4.584
7		53.30	11.07	58.65	4.75	11.88	13.65	4.712
8	B+30	55.92	15.42	57.50	5.79	13.10	8.20	4.679
<b>Promedio</b>		<b>54.40</b>	<b>14.41</b>	<b>56.97</b>	<b>4.34</b>	<b>13.59</b>	<b>10.69</b>	<b>4.435</b>



Tabla 13. Promedio de los dato de alimento ofrecido, alimento rechazado y heces excretadas y digestión aparente del residuos de quinua en cuyes.

Etapa/ Cuy	Tratamiento	Alimento ofrecido										Alimento rechazado (residuo + desperdicio)										Cons.								Heces excretadas								Digestión	
		MFO	MF	MS	Agua	H°	MS	MSO	RA	MS	Agua	H°	MS	MSR	IMS	MF	MS	Agua	H°	MS	IMS	MS	Agua	H°	MS	IMS	MS	Agua	H°	MS	IMS	MS	Agua	H°	MS	IMS	MSD	DMS	
(I)		g	g	g	g	%	g/d	g	g	g	%	g/d	g/d	g	g	%	g	g	g	g/d	g	g	%	g/d	g	g	g	g	g	%	g/d	g	g	g	g/d	g/d	%		
1	T3	50.00	50.00	46.80	3.20	6.40	93.60	46.80	5.29	4.77	0.51	12.38	87.62	4.77	42.03	17.19	10.99	6.20	32.08	67.92	10.99	6.20	32.08	67.92	10.99	6.20	32.08	67.92	10.99	6.20	32.08	67.92	10.99	6.20	32.08	67.92	31.04	74.10	
2	T3	50.00	50.00	46.80	3.20	6.40	93.60	46.80	2.14	1.63	0.51	27.14	72.86	1.63	45.17	16.06	11.44	4.61	26.11	73.89	11.44	4.61	26.11	73.89	11.44	4.61	26.11	73.89	11.44	4.61	26.11	73.89	11.44	4.61	26.11	73.89	33.73	74.69	
3	Control	50.00	50.00	45.20	4.80	9.60	90.40	45.20	4.14	3.53	0.61	20.00	80.00	3.53	41.67	16.41	11.36	5.06	29.56	70.44	11.36	5.06	29.56	70.44	11.36	5.06	29.56	70.44	11.36	5.06	29.56	70.44	11.36	5.06	29.56	70.44	30.31	73.02	
4	Control	50.00	50.00	45.23	4.77	9.54	90.46	45.23	6.71	5.96	0.76	16.42	83.58	5.96	39.27	15.00	9.46	5.54	35.94	64.06	9.46	5.54	35.94	64.06	9.46	5.54	35.94	64.06	9.46	5.54	35.94	64.06	9.46	5.54	35.94	64.06	29.81	75.66	
5	T1	50.00	50.00	46.50	3.50	7.00	93.00	46.50	2.57	2.06	0.51	23.10	76.90	2.06	45.44	18.36	13.89	4.47	23.24	76.76	13.89	4.47	23.24	76.76	13.89	4.47	23.24	76.76	13.89	4.47	23.24	76.76	13.89	4.47	23.24	76.76	30.56	68.74	
6	T1	50.00	50.00	46.50	3.50	7.00	93.00	46.50	3.29	2.80	0.49	15.95	84.05	2.80	43.70	20.41	13.13	7.29	33.61	66.39	13.13	7.29	33.61	66.39	13.13	7.29	33.61	66.39	13.13	7.29	33.61	66.39	13.13	7.29	33.61	66.39	30.57	69.94	
7	T2	50.00	50.00	45.90	4.10	8.20	91.80	45.90	3.00	2.49	0.51	17.86	82.14	2.49	43.41	15.61	11.77	3.84	23.66	76.34	11.77	3.84	23.66	76.34	11.77	3.84	23.66	76.34	11.77	3.84	23.66	76.34	11.77	3.84	23.66	76.34	31.64	72.88	
8	T2	50.00	50.00	45.90	4.10	8.20	91.80	45.90	4.57	4.07	0.50	13.10	86.90	4.07	41.83	18.77	12.23	6.54	32.96	67.04	12.23	6.54	32.96	67.04	12.23	6.54	32.96	67.04	12.23	6.54	32.96	67.04	12.23	6.54	32.96	67.04	29.60	70.75	
(II)																																							
1	T2	50.00	50.00	45.90	4.10	8.20	91.80	45.90	6.00	5.49	0.51	18.29	81.71	5.49	40.41	18.31	11.46	6.86	35.61	64.39	11.46	6.86	35.61	64.39	11.46	6.86	35.61	64.39	11.46	6.86	35.61	64.39	11.46	6.86	35.61	64.39	28.96	71.52	
2	T2	50.00	50.00	45.90	4.10	8.20	91.80	45.90	3.29	2.80	0.49	17.86	82.14	2.80	43.10	17.46	10.63	6.83	39.24	60.76	10.63	6.83	39.24	60.76	10.63	6.83	39.24	60.76	10.63	6.83	39.24	60.76	10.63	6.83	39.24	60.76	32.47	75.32	
3	T3	50.00	50.00	46.80	3.20	6.40	93.60	46.80	1.57	1.09	0.49	35.00	65.00	1.09	45.71	16.53	12.11	4.41	25.51	74.49	12.11	4.41	25.51	74.49	12.11	4.41	25.51	74.49	12.11	4.41	25.51	74.49	12.11	4.41	25.51	74.49	33.60	73.49	
4	T3	50.00	50.00	46.80	3.20	6.40	93.60	46.80	1.29	0.80	0.49	40.71	59.29	0.80	46.00	19.29	12.17	7.11	36.15	63.85	12.17	7.11	36.15	63.85	12.17	7.11	36.15	63.85	12.17	7.11	36.15	63.85	12.17	7.11	36.15	63.85	33.83	73.52	
5	Control	50.00	50.00	45.20	4.80	9.60	90.40	45.20	2.57	2.00	0.57	24.57	75.43	2.00	43.20	19.79	12.37	7.41	37.34	62.66	12.37	7.41	37.34	62.66	12.37	7.41	37.34	62.66	12.37	7.41	37.34	62.66	12.37	7.41	37.34	62.66	30.83	71.27	
6	Control	50.00	50.00	45.20	4.80	9.60	90.40	45.20	2.86	2.31	0.54	19.52	80.48	2.31	42.89	21.83	11.19	10.64	48.48	51.52	11.19	10.64	48.48	51.52	11.19	10.64	48.48	51.52	11.19	10.64	48.48	51.52	11.19	10.64	48.48	51.52	31.70	73.92	
7	T1	50.00	50.00	46.50	3.50	7.00	93.00	46.50	2.29	1.79	0.50	22.86	77.14	1.79	44.71	19.84	13.01	6.83	33.01	66.99	13.01	6.83	33.01	66.99	13.01	6.83	33.01	66.99	13.01	6.83	33.01	66.99	13.01	6.83	33.01	66.99	31.70	70.89	
8	T1	50.00	50.00	46.50	3.50	7.00	93.00	46.50	1.57	1.09	0.49	34.29	65.71	1.09	45.41	24.80	13.80	11.00	43.97	56.03	13.80	11.00	43.97	56.03	13.80	11.00	43.97	56.03	13.80	11.00	43.97	56.03	13.80	11.00	43.97	56.03	31.61	69.60	



(III)																							
1	T1	50.00	50.00	46.50	3.50	7.00	93.00	46.50	1.29	0.81	0.47	36.43	49.29	0.60	44.90	19.57	11.17	8.40	40.86	59.14	11.17	34.73	75.62
2	T1	50.00	50.00	46.50	3.50	7.00	93.00	46.50	5.86	5.23	0.63	20.48	79.52	5.23	41.27	26.17	11.34	14.83	54.99	45.01	11.34	29.93	72.83
3	T2	50.00	50.00	45.80	4.20	8.40	91.60	45.80	1.43	0.94	0.49	40.24	59.76	0.94	44.86	28.49	13.40	15.09	46.99	53.01	13.40	31.46	70.15
4	T2	50.00	50.00	45.80	4.20	8.40	91.60	45.80	1.86	1.37	0.49	29.52	70.48	1.37	44.43	29.91	12.80	17.11	55.24	44.76	12.80	31.63	71.19
5	T3	50.00	50.00	46.80	3.20	6.40	93.60	46.80	1.86	1.34	0.51	29.29	70.71	1.34	45.46	29.20	13.11	16.09	52.07	47.93	13.11	32.34	71.15
6	T3	50.00	50.00	46.80	3.20	6.40	93.60	46.80	1.14	0.63	0.51	47.14	52.86	0.63	46.17	31.71	11.87	19.84	60.51	39.49	11.87	34.30	74.28
7	Control	50.00	50.00	45.20	4.80	9.60	90.40	45.20	2.14	1.59	0.56	28.57	71.43	1.59	43.61	22.34	10.53	11.81	49.95	50.05	10.53	33.09	75.84
8	Control	50.00	50.00	45.20	4.80	9.60	90.40	45.20	1.71	1.14	0.57	40.48	59.52	1.14	44.06	21.20	10.70	10.50	46.91	53.09	10.70	33.36	75.74
(IV)																							
1	Control	50.00	50.00	45.20	4.80	9.60	90.40	45.20	4.43	3.73	0.70	19.33	80.67	3.73	41.47	23.84	10.96	12.89	49.48	50.52	10.96	30.51	73.54
2	Control	50.00	50.00	45.20	4.80	9.60	90.40	45.20	1.71	1.16	0.56	36.43	63.57	1.16	44.04	20.73	9.26	11.47	49.49	50.51	9.26	34.79	78.99
3	T1	50.00	50.00	46.50	3.50	7.00	93.00	46.50	2.00	1.51	0.49	24.29	75.71	1.51	44.99	19.90	13.44	6.46	29.75	70.25	11.44	31.54	70.12
4	T1	50.00	50.00	46.50	3.50	7.00	93.00	46.50	5.29	4.77	0.51	11.35	88.65	4.77	43.73	20.61	11.70	8.91	41.09	58.91	11.70	30.03	71.79
5	T2	50.00	50.00	45.90	4.10	8.20	91.80	45.90	1.86	1.37	0.49	27.14	72.86	1.37	44.53	23.10	13.33	9.77	39.83	60.17	13.33	31.20	70.07
6	T2	50.00	50.00	45.90	4.10	8.20	91.80	45.90	1.43	0.94	0.49	38.57	61.43	0.94	44.96	25.53	13.61	11.91	44.82	55.18	13.61	31.34	69.74
7	T3	50.00	50.00	46.80	3.20	6.40	93.60	46.80	2.00	1.50	0.50	25.00	75.00	1.50	45.30	21.87	11.66	10.21	44.38	55.62	11.66	33.64	74.27
8	T3	50.00	50.00	46.80	3.20	6.40	93.60	46.80	2.71	2.21	0.50	21.43	78.57	2.21	44.59	19.67	11.00	8.67	40.70	59.30	11.00	33.59	75.31

DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA SECA, ORGANICA Y NUTRIENTES  
DIGESTIBLES TOTAL DE LA DIETA

Tabla 14. Digestibilidad de la materia seca (DMS, %), materia orgánica (DMO, %) y nutrientes digestibles totales (NDT) de la dieta en cuyes.

Cuy	Control								Promedio	Desv. Est	CV, %
	1	2	3	4	5	6	7	8			
IMS, g/d	41.47	44.04	41.67	39.27	43.20	42.89	43.61	44.06	42.53	1.64	3.86
EMS, g/d	10.96	9.26	11.36	9.46	12.37	11.19	10.53	10.70	10.73	1.01	9.44
DMS, g/d	30.51	34.79	30.31	29.81	30.83	31.70	33.09	33.36	31.80	1.76	5.54
DMS, %	73.58	78.98	72.75	75.92	71.36	73.92	75.86	75.71	74.76	2.36	3.16
DMO, %	92.05	92.00	91.92	91.91	91.96	92.01	92.01	91.97	91.98	0.05	0.05
NDT, %	85.95	91.14	83.53	87.56	82.11	84.59	87.93	87.31	86.26	2.85	3.31

Cuy	T1								Promedio	Desv. Est	CV, %
	1	2	3	4	5	6	7	8			
IMS, g/d	44.90	41.27	44.99	43.73	45.44	43.70	44.71	45.41	44.27	1.38	3.13
EMS, g/d	11.17	11.34	11.44	11.70	13.89	13.13	13.01	13.80	12.44	1.14	9.17
DMS, g/d	33.73	29.93	33.54	32.03	31.56	30.57	31.70	31.61	31.83	1.30	4.10
DMS, %	75.12	72.52	74.56	73.24	69.44	69.96	70.89	69.61	71.92	2.26	3.14
DMO, %	88.15	88.25	88.08	88.14	88.07	88.15	88.14	88.18	88.14	0.06	0.06
NDT, %	84.74	82.51	83.02	82.75	78.28	79.87	80.86	78.69	81.34	2.28	2.81

Cuy	T2								Promedio	Desv. Est	CV, %
	1	2	3	4	5	6	7	8			
IMS, g/d	40.41	43.10	44.86	44.43	44.53	44.96	43.41	41.83	43.44	1.62	3.73
EMS, g/d	11.46	10.63	13.40	12.80	13.33	13.61	11.77	12.23	12.40	1.07	8.59
DMS, g/d	28.96	32.47	31.46	31.63	31.20	31.34	31.64	29.60	31.04	1.16	3.75
DMS, %	71.65	75.34	70.13	71.19	70.07	69.72	72.89	70.77	71.47	1.87	2.61
DMO, %	87.94	87.92	87.99	87.98	87.91	87.93	87.88	87.89	87.93	0.04	0.05
NDT, %	81.16	84.53	78.47	77.85	78.52	78.43	82.44	79.02	80.05	2.40	3.00



Cuy	T3								Promedio	Desv. Est	CV, %
	1	2	3	4	5	6	7	8			
IMS, g/d	42.03	45.17	45.71	46.00	45.46	46.17	45.30	44.59	45.05	1.32	2.93
EMS, g/d	10.99	11.44	12.11	12.17	13.11	11.87	11.66	11.00	11.79	0.70	5.93
DMS, g/d	31.04	33.73	33.60	33.83	32.34	34.30	33.64	33.59	33.26	1.05	3.16
DMS, %	73.86	74.67	73.50	73.54	71.15	74.29	74.27	75.33	73.83	1.24	1.68
DMO, %	88.87	88.82	88.81	88.85	88.91	88.98	88.81	88.83	88.86	0.06	0.07
NDT, %	82.29	82.69	81.13	81.19	78.37	81.82	83.15	83.19	81.73	1.57	1.92

IMS=Ingestión de materia seca, EMS=Excreción de materia seca, DMS=Digestión de materia seca, DMO=Digestión de materia orgánica.

VALORES ENERGETICOS

Tabla 15. Energía bruta de la dieta, energía fecal, energía digestible de la dieta en el experimento de metabolismo de la dieta en cuyes.

Cuy	Control								Promedio	Desv. Est	CV: %
	1	2	3	4	5	6	7	8			
EB, kcal/g	4.448	4.448	4.448	4.448	4.448	4.448	4.448	4.448	4.448	0	0
EB, kcal/d	184.46	195.90	185.35	174.68	192.15	190.76	194.00	195.97	189.16	7.30	3.86
EF, kcal/g	4.17	4.40	4.46	4.43	4.31	4.38	4.32	4.46	4.37	0.10	2.19
EF, kcal/d	45.74	40.72	50.60	41.93	53.30	49.01	45.50	47.68	46.81	4.24	9.05
ED, kcal/d	138.72	155.18	134.76	132.75	138.86	141.75	148.49	148.28	142.35	7.68	5.40
ED, kcal/g	3.35	3.52	3.23	3.38	3.21	3.31	3.40	3.37	3.35	0.10	2.95

Cuy	T1								Promedio	Desv. Est	CV: %
	1	2	3	4	5	6	7	8			
EB, kcal/g	4.26	4.26	4.26	4.26	4.26	4.26	4.26	4.26	4.26	0.00	0.00
EB, kcal/d	191.05	175.61	191.41	186.07	193.36	185.94	190.26	193.24	188.37	5.89	3.13
EF, kcal/g	3.98	4.13	4.30	4.11	4.13	3.95	3.93	4.12	4.08	0.12	2.98
EF, kcal/d	44.45	46.79	49.19	48.05	57.40	51.89	51.17	56.91	50.73	4.61	9.08
ED, kcal/d	146.60	128.82	142.23	138.01	135.96	134.05	139.09	136.32	137.64	5.33	3.87
ED, kcal/g	3.26	3.12	3.16	3.16	2.99	3.07	3.11	3.00	3.11	0.09	2.89

Cuy	T2								Promedio	Desv. Est	CV: %
	1	2	3	4	5	6	7	8			
EB, kcal/g	4.30	4.30	4.30	4.30	4.30	4.30	4.30	4.30	4.30	0.00	0.00
EB, kcal/d	173.62	185.16	192.71	190.87	191.29	193.14	186.51	179.70	186.62	6.95	3.73
EF, kcal/g	4.18	4.33	4.47	4.48	4.53	4.58	4.34	4.57	4.44	0.14	3.14
EF, kcal/d	47.94	46.05	59.88	57.31	60.36	62.41	51.05	55.91	55.11	6.08	11.04
ED, kcal/d	125.68	139.11	132.83	133.56	130.94	130.73	135.46	123.79	131.51	4.98	3.79
ED, kcal/g	3.11	3.23	2.96	3.01	2.94	2.91	3.12	2.96	3.03	0.11	3.68

Cuy	T3								Promedio	Desv. Est	CV: %
	1	2	3	4	5	6	7	8			
EB, kcal/g	4.37	4.37	4.37	4.37	4.37	4.37	4.37	4.37	4.37	0.00	0.00
EB, kcal/d	183.58	197.31	199.68	200.93	198.56	201.68	197.87	194.75	196.79	5.76	2.93
EF, kcal/g	4.33	4.49	4.53	4.34	4.56	4.49	4.71	4.68	4.52	0.14	3.07
EF, kcal/d	47.55	51.43	54.83	52.82	59.75	53.34	54.93	51.47	53.27	3.52	6.61
ED, kcal/d	136.03	145.88	144.85	148.11	138.81	148.33	142.94	143.28	143.53	4.31	3.01
ED, kcal/g	3.24	3.23	3.17	3.22	3.05	3.21	3.16	3.21	3.19	0.06	1.91

EB=Energía bruta, EF=Energía fecal, ED=Energía digestible.

### DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA SECA DEL “JIFI” DE QUINUA

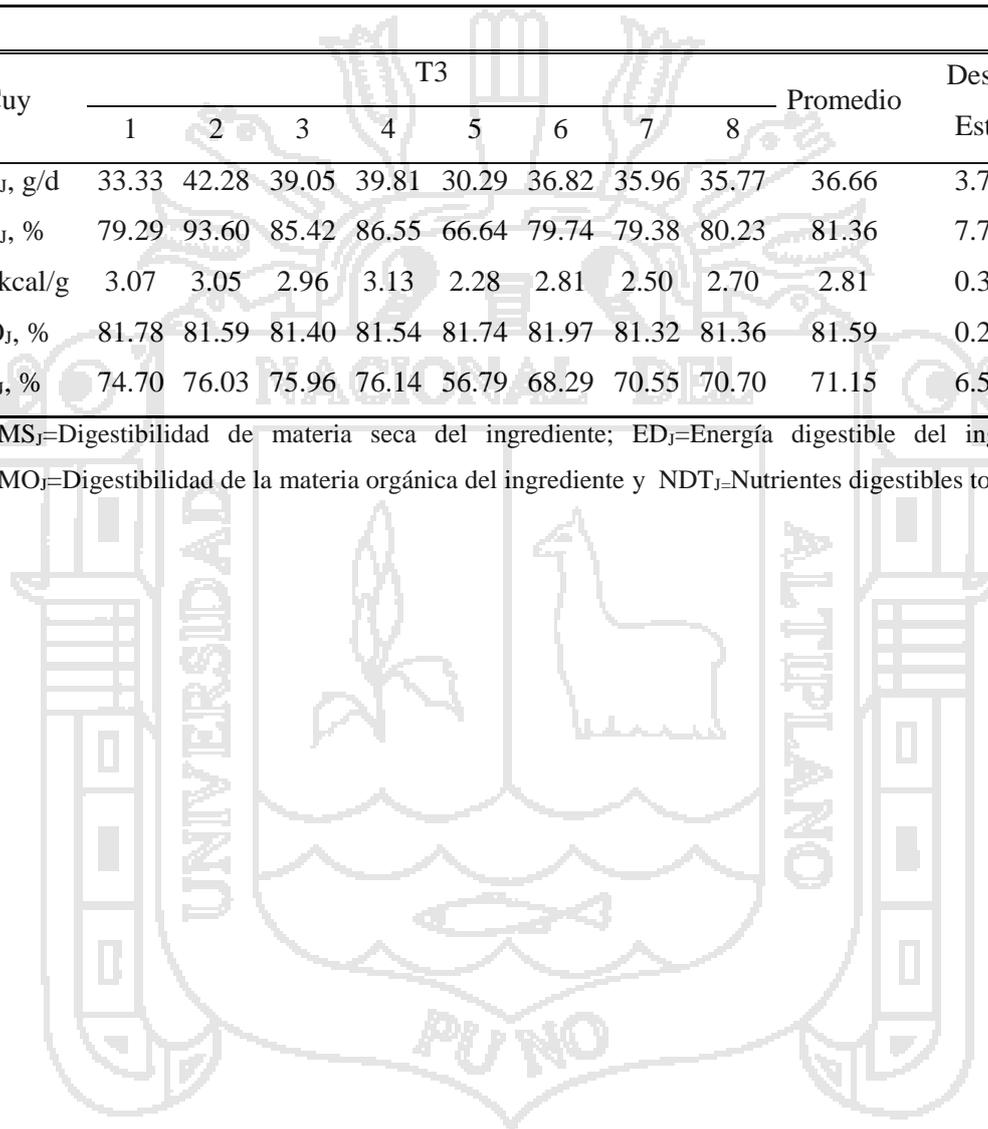
Tabla 16. Digestibilidad de la materia seca, energía digestible, digestibilidad de la materia orgánica y nutrientes digestibles totales del jifi de quinua en diferentes niveles.

Cuy	T1								Promedio	Desv. Esta	CV, %
	1	2	3	4	5	6	7	8			
DMSi, g/d	38.29	16.76	41.58	26.44	44.99	35.14	35.62	34.76	34.20	8.91	26.05
DMSi, %	85.28	40.60	92.43	60.45	99.01	80.40	79.66	76.55	76.80	18.55	24.15
EDi, kcal/g	2.18	0.75	0.71	0.65	0.16	0.91	1.77	0.68	0.98	0.66	67.94
DMOi, %	53.61	54.59	52.51	53.21	53.52	54.23	53.55	53.97	53.65	0.64	1.19
NDT, %	58.83	36.56	33.35	30.66	12.94	28.83	58.46	36.75	37.05	15.29	41.27

Cuy	T2								Promedio	Desv. Esta	CV, %
	1	2	3	4	5	6	7	8			
DMSi, g/d	19.73	37.30	24.40	25.26	25.40	26.11	37.96	27.74	27.99	6.38	22.80
DMSi, %	48.82	86.54	54.39	56.85	57.04	58.09	87.43	66.33	64.44	14.73	22.86
Edi, kcal/g	2.51	3.10	1.26	1.49	0.97	0.80	2.37	1.57	1.76	0.81	46.25
DMOi, %	71.79	71.69	72.01	71.94	71.45	71.56	71.73	71.80	71.75	0.18	0.25
NDT, %	72.38	89.27	41.87	38.78	38.41	37.97	70.03	52.94	55.21	19.67	35.62

Cuy	T3								Promedio	Desv. Esta	CV, %
	1	2	3	4	5	6	7	8			
DMS <sub>J</sub> , g/d	33.33	42.28	39.05	39.81	30.29	36.82	35.96	35.77	36.66	3.78	10.32
DMS <sub>J</sub> , %	79.29	93.60	85.42	86.55	66.64	79.74	79.38	80.23	81.36	7.76	9.54
ED <sub>J</sub> , kcal/g	3.07	3.05	2.96	3.13	2.28	2.81	2.50	2.70	2.81	0.30	10.70
DMO <sub>J</sub> , %	81.78	81.59	81.40	81.54	81.74	81.97	81.32	81.36	81.59	0.23	0.28
NDT <sub>J</sub> , %	74.70	76.03	75.96	76.14	56.79	68.29	70.55	70.70	71.15	6.54	9.19

DMS<sub>J</sub>=Digestibilidad de materia seca del ingrediente; ED<sub>J</sub>=Energía digestible del ingrediente y DMO<sub>J</sub>=Digestibilidad de la materia orgánica del ingrediente y NDT<sub>J</sub>=Nutrientes digestibles totales.





## ENERGIA BRUTA DE LAS HECES

Tabla 17. Calor de combustión de heces de cuyes del experimento de digestibilidad en cuyes.

Tratamiento	Muestra	MS	MS	W	$\Delta T^{\circ}$	Fusible	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Energía Bruta, cal/g	
								Observación	Promedio
Etapa (I)	g	%	g	Cal/°C	°C	cm	ml		
Control	1.03	69.51	0.70	2430.00	1.89	8.30	11.30	4455.14	
Control	1.02	63.33	0.63	2430.00	1.87	8.40	11.00	4433.82	4444.48
T1	1.02	72.96	0.73	2430.00	1.74	2.30	9.80	4133.41	
T1	1.02	64.22	0.64	2430.00	1.68	9.40	9.50	3952.51	4042.96
T2	1.01	75.64	0.76	2430.00	1.82	8.20	8.00	4336.64	
T2	1.01	64.89	0.65	2430.00	1.91	7.10	8.10	4571.77	4454.21
T3	1.01	63.95	0.64	2430.00	1.81	8.80	7.50	4328.31	
T3	1.02	70.81	0.71	2430.00	1.89	5.40	6.50	4494.31	4411.31

Tratamiento	Muestra	MS	MS	W	$\Delta T^{\circ}$	Fusible	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Energía Bruta, cal/g	
								Observación	Promedio
Etapa (II)	g	%	g	Cal/°C	°C	cm	ml		
Control	1.02	62.53	0.63	2430.00	1.82	7.30	10.40	4308.11	
Control	1.02	51.24	0.51	2430.00	1.85	6.30	11.60	4381.50	4344.81
T1	1.00	65.59	0.66	2430.00	1.63	5.60	9.00	3931.93	
T1	0.99	55.65	0.56	2430.00	1.70	8.20	10.90	4124.14	4028.03
T2	1.01	62.56	0.63	2430.00	1.75	4.30	9.80	4183.98	
T2	1.01	60.88	0.61	2430.00	1.82	8.10	10.20	4332.85	4258.41
T3	1.01	73.29	0.73	2430.00	1.89	5.00	10.90	4525.98	
T3	1.02	63.11	0.63	2430.00	1.83	5.10	10.10	4339.60	4432.79

Tratamiento	Muestra	MS	MS	W	$\Delta T^{\circ}$	Fusible	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Energía Bruta, cal/g	
								Observación	MS Promedio
Etapa (III)	g	%	g	Cal/°C	°C	cm	ml	Observación	Promedio
Control	1.02	47.12	0.47	2430.00	1.82	7.90	10.10	4321.73	
Control	1.01	50.47	0.50	2430.00	1.86	8.20	9.40	4456.29	4389.01
T1	1.02	57.08	0.57	2430.00	1.68	5.30	9.50	3978.99	
T1	1.01	43.34	0.43	2430.00	1.72	2.80	10.20	4125.19	4052.09
T2	1.01	43.34	0.43	2430.00	1.86	7.00	9.90	4468.71	
T2	1.03	42.79	0.43	2430.00	1.90	6.40	10.20	4477.26	4472.98
T3	1.00	44.91	0.45	2430.00	1.89	7.30	11.00	4556.19	
T3	1.02	37.43	0.37	2430.00	1.90	8.20	9.70	4493.42	4524.81

Tratamiento	Muestra	MS	MS	W	$\Delta T^{\circ}$	Fusible	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Energía Bruta, cal/g	
								Observación	MS Promedio
Etapa (IV)	g	%	g	Cal/°C	°C	cm	ml	Observación	Promedio
Control	1.01	45.96	0.46	2430.00	1.75	7.80	8.60	4174.59	
Control	1.01	44.66	0.45	2430.00	1.84	8.00	8.80	4398.98	4286.78
T1	1.01	67.55	0.68	2430.00	1.79	6.50	10.50	4298.54	
T1	1.01	56.76	0.57	2430.00	1.71	3.80	9.60	4107.11	4202.82
T2	1.01	57.70	0.58	2430.00	1.90	7.60	10.30	4528.45	
T2	1.00	53.33	0.53	2430.00	1.90	5.50	10.30	4584.11	4556.28
T3	1.02	53.30	0.53	2430.00	1.98	4.70	10.70	4712.19	
T3	1.02	55.92	0.56	2430.00	1.97	5.40	10.60	4679.47	4695.83