

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS PECUARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA ZOOTECNISTA



TESIS

**ENERGÍA METABOLIZABLE APARENTE Y DIGESTIBILIDAD DE LA
SEMILLA DE QUINUA (*Chenopodium Quinoa*) EN PAVOS DE 5 Y 10
SEMANAS DE EDAD**

**Para Optar el Título Profesional de:
INGENIERO ZOOTECNISTA**

**Presentada por el Bachiller:
ANTERO NEYSER ALBARRÁN URBINA**

**Asesor:
Dr. MCs. MANUEL EBER PAREDES ARANA**

**Cajamarca - Perú
2024**

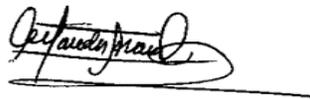
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS

Manuel Eber Paredes Arana, docente asesor de la tesis **Energía metabolizable aparente y digestibilidad de la semilla de quinua (*Chenopodium quinoa*) en pavos de 5 y 10 semanas de edad** realizada por ALBARRÁN URBINA ANTERO NEYSER.

Hace constar que:

Dicho documento académico, luego de su análisis mediante programa TURNITIN se encontró un contenido ÚNICO en su redacción de más del 75%, con similitudes en el texto de los capítulos: introducción, marco teórico, resultados y conclusiones inferiores a 25%

Cajamarca, 26 de febrero del 2024.



Dr. Manuel Eber Paredes Arana

Asesor

**“ENERGÍA METABOLIZABLE APARENTE Y DIGESTIBILIDAD
DE LA SEMILLA DE QUINUA (*Chenopodium Quinoa*) EN PAVOS
DE 5 Y 10 SEMANAS DE EDAD”**

ASESOR:

Dr. M. Cs. Ing. MANUEL EBER PAREDES ARANA

MIEMBROS DEL JURADO:

Dr. LUIS ASUNCIÓN VALLEJOS FERNÁNDEZ

M. SC. ING. LINCOL ALBERTO TAFUR CULQUI

Dr. EDUARDO ALBERTO TAPIA ACOSTA

DEDICATORIA

Agradezco a Dios por otorgarme la existencia, el discernimiento y la capacidad intelectual para adquirir sabiduría. A mis padres, por orientarme en el desarrollo de mi educación humanística. A mis hermanos, por brindarme un respaldo constante en mi trayectoria académica. A mi esposa y a mi hijo, por ser mi inspiración y respaldo en la realización de mi investigación.

AGRADECIMIENTO

Mi sincero agradecimiento a mi familia, esposa y mi hijo por su apoyo incondicional, de igual manera a los docentes de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias de la Universidad Nacional de Cajamarca por sus holísticas enseñanzas durante todo el proceso de la formación profesional.

De manera especial a mi asesor el Dr. Manuel Eber Paredes Arana por su acompañamiento en la consolidación efectiva de esta investigación.

ÍNDICE

DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN	12
1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	14
1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	15
1.3. HIPÓTESIS Y VARIABLES	16
1.3.1. Hipótesis de la investigación.....	16
1.3.2. Hipótesis estadística	16
1.3.3. Variables.....	16
1.4.1. General	17
1.4.2. Específicos.....	17

CAPITULO II

2. MARCO TEORICO.....	18
2.1. ANTECEDENTE DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
2.2. BASES TEÓRICAS.....	20
2.2.1. Importancia del cultivo de quinua.....	20
2.2.2. Generalidades de la energía.....	21
2.2.3. Utilización de la Energía Metabolizable	21
2.2.4. Determinación de la Energía Metabolizable	22
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	25

CAPITULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS	28
3.1. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO.....	28
3.2. DATOS GEGRÁFICOS Y CLIMATOLÓGICOS.....	28
3.3. PROCEDENCIA DE LA QUINUA Y CARACTERÍSTICAS DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES	29
3.4. MANEJO DE LAS AVES Y TRATAMIENTOS	31
3.5. DURACIÓN DEL BIOENSAYO Y COLECTA DE EXCRETAS	32
3.6. ANÁLISIS QUÍMICO Y DETERMINACIONES.....	33
3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	35

CAPITULO IV

4.1. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
4.2. Coeficientes de digestibilidad y retención de nutrientes y EMA de las dietas a las cinco y diez semanas de edad	38
4.3. Efecto de la edad del pavo sobre la metabolicidad y digestibilidad de la semilla de quinua.....	39

CAPITULO V

CONCLUSIONES	42
RECOMENDACIONES.....	42
BIBLIOGRAFÍA	43
A N E X O S	49

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Análisis químico y energía bruta del grano de quinua (% en base fresca)	30
Cuadro 2. Composición (g/kg, base fresca) de los piensos de referencia Iniciador (1-5 semanas) y Finalizador (6-10 semanas)	30
Cuadro 3. Análisis químico y energía bruta de las dietas experimentales (% en base fresca).....	31
Cuadro 4. Análisis químico y energía bruta de las excretas según dietas experimentales (% en base fresca).....	33
Cuadro 5. Coeficientes de digestibilidad y retención de nutrientes y energía metabolizable de las dietas para pavos de 33 a 35 días de edad.....	36
Cuadro 6. Coeficientes de digestibilidad y retención de nutrientes y energía metabolizable de las dietas para pavos de 68 a 70 días de edad.....	37
Cuadro 7. Promedio y desviación estándar de los coeficientes de digestibilidad y retención de los nutrientes y energía metabolizable de la semilla de quinua en pavos de dos edades ($n=3$; $t_{0.05}= 2.776$)	37

RESUMEN

El objetivo del estudio fueron estimar el contenido de energía metabolizable aparente y los coeficientes de digestión de la semilla de quinua (*Chenopodium quinoa*) en pavos de 5 y 10 semanas de edad. Se evaluaron cuatro dietas: basal iniciador (BI), BI +20%quinua (BIQ), basal finalizador (BF) y BF + 20% quinua (BFQ) en dos periodos. En el primero se utilizaron 12 pavos machos Hybrid Converter (peso inicial = 601.2 g; edad = 21d) distribuidos en dos tratamientos dietéticos (BI y BIQ) con 3 repeticiones de 2 pavos (2aves por jaula metabólica). A los 33, 34 y 35 días de edad se controló el consumo y las excretas. En la segunda evaluación se utilizaron 6 pavos machos del lote original de 400aves (peso = 3825.3 g; edad = 56 d) distribuidos en dos tratamientos dietéticos (BF y BFQ) con 3 repeticiones de 1 pavo cada una. A los 68, 69 y 70 días de edad se controló el consumo y las excretas. En la fase de 5 semanas, los coeficientes de digestión de materia seca (MS), proteína bruta (PC), extracto etéreo (EE), extracto libre de nitrógeno (ELN) y energía metabolizable aparente (EMA) de la dieta BIQ fue mayor ($p<0.05$) que la dieta BI. Sin embargo, en el grupo de 10 semanas, la dieta BFQ mostró coeficientes de digestión más bajos ($p<0.05$) para PC, EE y EMA que la dieta basal BF. Estos resultados permitieron determinar los coeficientes de digestión y EMA de la semilla de quinua ingerida por pavos de 5 y 10 semanas. Los resultados indican que la semilla de quinua en pavos tiene mayor EMA, mayores coeficientes de digestión de MS, PC y EE a las 5 semanas que a las 10 semanas de edad.

Palabras clave: semilla de quinua, energía metabolizable, digestibilidad, pavos.

ABSTRACT

The aim of this study was to estimate the apparent metabolizable energy content and digestion coefficients of quinoa (*Chenopodium quinoa*) seed in turkeys of 5 and 10 weeks of age. Four diets were evaluated: starter basal (BI), BI +20% quinoa (BIQ), finisher basal (BF) and BF + 20% quinoa (BFQ) in two periods. In the first period, 12 Hybrid Converter male turkeys (initial weight = 601.2 g; age = 21 d) distributed in two dietary treatments (BI and BIQ) with 3 repetitions of 2 turkeys (2 birds per metabolic cage) were used. At 33, 34 and 35 days of age, consumption and excreta were controlled. In the second evaluation, 6 male turkeys from the original flock of 400 birds were used (weight= 3825.3 g; age = 56 d) and distributed in two dietary treatments (BF and BFQ) with 3 repetitions of 1 turkey each. At 68, 69 and 70 days of age, consumption and excreta were controlled. In the 5-week phase, the digestion coefficients of dry matter (DM), crude protein (PC), ethereal extract (EE), nitrogen-free extract (ELN) and apparent metabolizable energy (EMA) of the BIQ diet was greater ($p<0.05$) than the BI diet. However, in the 10-week group, the BFQ diet showed lower digestion coefficients ($p<0.05$) for PC, EE, and EMA than the BF basal diet. These results allowed determining the digestion coefficients and EMA of the quinoa seed ingested by turkeys of 5 and 10 weeks. The results indicate that quinoa seed in turkeys has a greater EMA, and greater DM, PC and EE digestion coefficients at 5 weeks than at 10 weeks of age.

Key words: quinoa seed, metabolizable energy, digestibility, turkeys.

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

La quinua (*Chenopodium quinoa*) es un cultivo andino de origen sudamericano, que desde la antigüedad se utiliza en alimentación humana y en piensos para animales (Repo-Carrasco et al., 2003). La quinua se cultiva en zonas geográficas que van desde el nivel del mar hasta los 4000 msnm con rendimientos que varían de 1 a 7 t/ha (Gómez y Aguilar, 2016).

La semilla de quinua es considerada como un pseudo cereal (Kubelková et al., 2013), rico en ácidos grasos oleico y linoleico, y altos contenidos de metionina (4-10 g/kg MS) y lisina (51-64 g/kg MS) (Bhargava et al., 2003). La semilla de quinua sin descascarillar se ha utilizado como alimento para pollos de engorde, pero sin exceder ni-veles de inclusión de 150 g/kg de la dieta (Jacobsen et al., 1997). Improta y Kellens (2001) consideran que pulir o lavar la quinua antes de mezclarla con otro alimento son opciones viables para mejorar el rendimiento de los pollos de engorde cuando la quinua es un componente principal de la dieta.

La semilla de quinua tiene una cáscara que representa el 10% de la semilla, y contiene saponinas amargas que se eliminan antes del consumo (Jacobsen et al., 1997). En general, las saponinas se consideran factores anti nutricionales, pero en pequeñas cantidades han mostrado efectos positivos en el rendimiento de rumiantes, aves y cerdos (Francis et al., 2002). También se ha evaluado la harina de cáscara de quinua como aditivo alimentario en dietas de lechones destetados (Carlson et al 2012). Asimismo, se ha determinado que la quinua y el amaranto tienen características de degradación en el primer compartimiento de alpacas similares a las del grano de cebada (Nilsen et al.,2015).

En general, los granos de cereales como el trigo, sorgo, cebada y maíz se usan comúnmente en las dietas de las aves como fuentes principales de energía (Khalil et al.,2021), mientras que la soja es la fuente de proteína más importante en la alimentación del ganado y aves (Kuenz et al., 2022). Olukosi et al. (2019), con el propósito de reducir la dependencia de harina de soja en pollos de engorde, determinaron el valor nutricional de habas (*Vicia faba* L), lupinos y quinua, incluyendo el perfil de aminoácidos y la determinación del valor de energía metabolizable aparente (EMA).

El conocimiento del contenido de EMA de los ingredientes alimenticios es fundamental para su uso eficiente en la formulación de alimentos para aves, a pesar de las limitaciones que tienen los métodos de determinación (Mateos et al., 2019; Wu et al., 2020). La EMA es el sistema globalmente aceptado para describir la energía disponible para las aves (Santomá y Mateos, 2018). Asimismo, la mayor parte de datos publicados de EMA en los ingredientes alimenticios se han generado con pollos de engorde y han sido aplicados a otras especies de aves de producción. Esta práctica pasa por alto el efecto potencial de la especie y edad de las aves en el contenido de EMA de los ingredientes del pienso. Se ha demostrado que la edad de las aves influye en la digestión y absorción de nutrientes que producen energía (Tancharoenrat et al.,2013).

Las aves muestran una capacidad variable para digerir y metabolizar nutrientes, dependiendo de la edad, especialmente en ingredientes de piensos que contienen sustancias antinutritivas (Kiarie et al., 2014) como podría ser el caso de la semilla de quinua para el pavo.

El contenido de energía de la dieta representa el principal componente del costo de un alimento; sin embargo, se puede predecir a partir de los valores químicos de los nutrientes utilizando constantes de digestibilidad (Cerrate et al., 2019), sin tener en cuenta que, la utilización de energía metabolizable o el incremento de calor se ven afectados por las características químicas de la dieta o los nutrientes digeribles. Ante esto, se requiere conocer básicamente los nutrientes digeribles determinados en los propios animales cuando se utilizan ingredientes alter-nativos (Ball et al., 2013). Por tanto, los objetivos de este estudio fueron estimar (1) el valor de la EMA de la semilla de quinua y (2) la digestibilidad de los nutrientes de la semilla de quinua en pavos de engorde de 5 y 10semanas de edad, a partir de sus componentes químicos y mediante pruebas de digestibilidad por sustitución.

1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuáles son los coeficientes de digestibilidad y el valor de energía metabolizable aparente de la semilla de quinua cuando es ingerida por un pavo de 5 semanas de edad?

¿Cuáles son los coeficientes de digestibilidad y el valor de energía metabolizable aparente de la semilla de quinua cuando es ingerida por un pavo de 10 semanas de edad?

1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

La producción de pavos de engorde en Cajamarca se viene incrementando, y son tres las empresas incubadoras proveedoras de pavos BB que venden su producto a los criadores cajamarquinos: San Fernando SA, Corporación Gramogen e ISAMISA; lo cual implica mayor producción de carne de pavo y mayor compromiso de la universidad para producir conocimiento y tecnología que potencien esta actividad económica.

Por otro lado, la utilización de un insumo alimenticio no convencional y de origen y producción local, contribuye a enriquecer la disponibilidad de alimentos para la formulación de dietas balanceadas para pavos.

La energía metabolizable aparente (EMA) es un parámetro crucial en la nutrición de pavos y otras aves de corral, ya que proporciona una medida de la energía disponible para el metabolismo y el crecimiento de las aves.

Asimismo, la EMA influye directamente en el crecimiento y rendimiento de los pavos. Una dieta que proporciona una cantidad adecuada de energía metabolizable puede ayudar a maximizar la tasa de crecimiento, mejorar la eficiencia alimenticia y aumentar la producción de carne

1.3. HIPÓTESIS Y VARIABLES

1.3.1. Hipótesis de la investigación

Los coeficientes de digestibilidad de los nutrientes y el valor de EMA de la semilla de quinua varían según la edad del pavo.

1.3.2. Hipótesis estadística

Hipótesis nula (H0)

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

Hipótesis alternativa (H1)

$$H_0: \mu_1 \neq \mu_2$$

1.3.3. Variables

Variable independiente

Edad del pavo de engorde

- 5 semanas
- 10 semanas

Variables dependientes

Coefficientes de retención de la quinua

- Materia seca
- Proteína total
- Grasa
- Fibra cruda
- Ceniza
- Extracto libre de nitrógeno

Valor energético de la semilla de quinua

- Energía metabolizable
- Metabolicidad de la energía

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. General

Estimar los coeficientes de digestibilidad de los nutrientes y el valor de EMA de la semilla de quinua producida localmente para la alimentación de pavos, por el método de colección total de excretas.

1.4.2. Específicos

- Estimar el valor de la Energía Metabolizable Aparente de la semilla de quinua.
- Estimar la digestibilidad de los nutrientes de la semilla de quinua en pavos de engorde de 5 y 10 semanas de edad, a partir de sus componentes químicos y mediante pruebas de digestibilidad por sustitución.

CAPITULO II

2. MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTE DE LA INVESTIGACIÓN

Moscoso-Muñoz et al. (2020) realizaron un estudio para determinar la energía metabolizable (EM) y energía neta (EN) del maíz, subproducto de trigo, harina de soya, harina de pescado y aceite de soya en aves. Se utilizó 190 pollos machos, distribuidos en seis dietas experimentales (basal (B), B + maíz (40%), B + subproducto de trigo (40%), B + harina de soya (30%), B + harina de pescado (30%), B + aceite de soya (10%) con tres niveles de alimentación (ad libitum (AL), 85% AL y 70% AL). La EM se determinó por el método de colección total de excretas y la EN por el método de sacrificio comparativo, los pollos recibieron las dietas experimentales de los siete a 21 días de edad, las excretas se recolectaron cada 24 horas (día 19 al 21). Para EN, se determinó la energía retenida y producción de calor (7 y 21 días). La EM y EN del maíz, subproducto de trigo, harina de soya, harina de pescado y aceite de soya fue de 3734, 2197, 2477, 3289, 8767 kcal/kg MS y 2527, 1598, 1417, 1837, 7550 kcal/kg MS respectivamente, la relación EN: EM fue mayor con el aceite de soya en comparación a los otros insumos.

Cerrate et al. (2019) midieron los coeficientes de digestibilidad de nutrientes, energía metabolizable (EM), energía neta (EN) y la relación de EN a EM (EN / ME) de 20 dietas en pollos de engorde (1 a 21 d). Los nutrientes de la dieta se formularon para mantener proporciones similares de EM / nutrientes, excepto las proteínas, grasas y fibras de la dieta que utilizan maíz, harina de soja, mezcla de proteínas animales, cebada, aceite de aves de corral y una mezcla de

enzimas de xilanasas, glucanasas y fitasas. Los coeficientes de digestibilidad de los nutrientes y la EM fueron medidos en jaulas en batería con acceso libre de alimento, mientras que EN se midió en corrales de piso que alimentaban el 75% de la ingesta recomendada de EM cada día. La EN para el mantenimiento se calculó sobre la base del peso metabólico medio usando un coeficiente de un estudio anterior y la EN para la ganancia se calculó mediante las ganancias de proteínas y grasas corporales usando absorciometría de rayos x de energía dual. Los coeficientes de digestibilidad de la proteína y la fibra de detergente neutro (FDN) se relacionaron temprano con la curva de la proteína de la dieta y con el FDN, respectivamente, mientras que los coeficientes de digestibilidad de la grasa y el almidón se correlacionaron de manera lineal con la grasa y el almidón de la dieta, respectivamente. Aumentó el coeficiente de digestión de FDN para predecir la digestibilidad de proteínas, FDN, grasas y almidón. La relación EMn/energía bruta promedió 72,5% y se correlacionó con proteínas, grasas, FDN y almidón. Los valores de EM se predijeron con precisión a partir de las características químicas, donde las mejores ecuaciones se obtuvieron a partir de nutrientes digeribles. Las eficiencias energéticas de EM fueron 72% (EN/EMn) y 68% (EN / ME) y variaron en aproximadamente 20 y 18%, respectivamente. Las proporciones de eficiencia energética fueron 68% para los carbohidratos digeribles, 86% para las grasas digeribles; y 76% (EN/ EMn) y 59% (EN / EM) para proteína digestible. De acuerdo con la desviación estándar residual más baja, los mejores componentes de nutrientes para predecir la energía fueron los nutrientes digeribles para predecir los valores de EM (41 kcal / kg).

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Importancia del cultivo de quinua

FAO (2023) muestra información acerca de la quinua (*Chenopodium quinoa*), indicando que es una planta andina que se originó en los alrededores del lago Titicaca de Perú y Bolivia, cultivada y utilizada por las civilizaciones prehispánicas con un desarrollo tecnológico apropiado y una amplia distribución en el territorio Inca y fuera de él; encontrándose la semilla nativa de quinua en todos los países de la región andina, con un área cosechada y producción, según FAOSTAT, en el periodo 1992 - 2013 en los principales países productores - Bolivia, Perú y Ecuador - casi duplicado y triplicado, representando la producción de Perú y Bolivia el 92% de la quinua producida en el mundo, con volúmenes de producción de 70.000 toneladas.

El cultivo de la quinua prospera desde el nivel del mar hasta las zonas alto andinas, por lo que la semilla de quinua se clasifica en ecotipos, contándose con: quinuas de valle, que crecen en valles entre los 2.000 y 3.000 metros de altitud; quinuas de altiplano, que se hallan alrededor del lago Titicaca y son resistentes a las heladas; quinuas de terrenos salinos, que se cultivan en las llanuras del altiplano boliviano; quinuas del nivel del mar, en el sur de Chile; y quinuas de yungas, localizadas en los valles interandinos de Bolivia (Agrobanco, 2013).

La quinua posee proteínas y aminoácidos como la metionina, fenilalanina, treonina, triptófano y valina, y contiene casi el doble de lisina respecto a otros granos y cereales. Además, posee vitaminas del complejo B, vitaminas C y E, tiamina, riboflavina y un alto contenido de potasio y fósforo, y lisina en la proteína de la quinua. No contiene gluten, siendo considerado un alimento nutritivo y

medicinal (nutraceútico). Este grano andino ha sido catalogado como un alimento único, un superalimento, por organizaciones internacionales como la FAO y la OMS, por su alto contenido nutricional (Fairlie, 2016).

2.2.2. Generalidades de la energía

(FAO, 2003), expresa que la energía alimentaria proviene esencialmente de la oxidación de los hidratos de carbono, las grasas y en menor escala de las proteínas y que la energía proveniente de los alimentos se expresa en kilocalorías.

(Mc Donald,1994), expresa que los carbohidratos, grasas y proteínas provenientes de los alimentos pueden utilizarse como energía para la termorregulación corporal y mantener las funciones vitales, necesitándose además de energía adicional para soportar el crecimiento, engorde y postura.

2.2.3. Utilización de la Energía Metabolizable

La utilización eficiente de la E.M. está determinada principalmente por dos factores: la naturaleza de los compuestos químicos que aportan energía y el destino final de dichos compuestos. Además de los anteriores, también interfieren en la utilización de la E.M. otros factores como son: el equilibrio entre nutrientes y las deficiencias en minerales y vitaminas (Mc Donald,1994). A los factores antes mencionados (Hughes, 2003) al citar a (Tivey y Butler,.1999) añade la capacidad digestiva de un animal, tasa de pasaje de los alimentos, secreción enzimática, mecanismos de absorción, actividad microbiana y el área de superficie de las vellosidades intestinales.

Con los datos e información disponibles actualmente, se acepta que el sistema de energía metabolizable (E.M) es el más adecuado para valorar el contenido energético de los alimentos e ingredientes destinados a aves (Francesch, 2001). Esto es señalado también por El winger et al. (2016) quien es citado por Smith (2019) quienes expresan que después de algunos años, varios grupos de investigadores informaron que la determinación de E.M. resultó ser más barata, rápida y precisa que otros sistemas propuestos hasta la década de 1940 y desde entonces la E.M. ha sido el sistema energético estándar tanto en la investigación avícola como en la industria alimentaria.

2.2.4. Determinación de la Energía Metabolizable

Dado que hay diferentes técnicas para medir la energía de los alimentos en aves, generalmente no se calcula la Energía Digestible (ED); en su lugar, se emplea comúnmente la Energía Metabolizable (EM) como medida principal debido a que las aves excretan orina y heces a través de la misma abertura, la cloaca (Francesch, 2001).

a. Determinación directa de EM o in vivo

El aporte energético que un ave obtiene al consumir un alimento puede ser desglosado y expresado en términos de Energía Digestible (ED), Energía Metabolizable (EM) y Energía Neta (EN), siendo esta última la que considera la energía utilizada para la producción de calor en el cuerpo del animal (ver figura 01). Cada uno de estos valores requiere de una metodología específica para su determinación (Correa et al, 2009).

La Energía Neta (EN) de un alimento representa la porción de energía total que se destina al mantenimiento corporal y a la producción. Se puede calcular mediante calorimetría o mediante estimaciones basadas en ecuaciones que tienen en cuenta las variaciones en la eficiencia de utilización metabólica de los lípidos, las proteínas y los carbohidratos (Francesch, 2001).

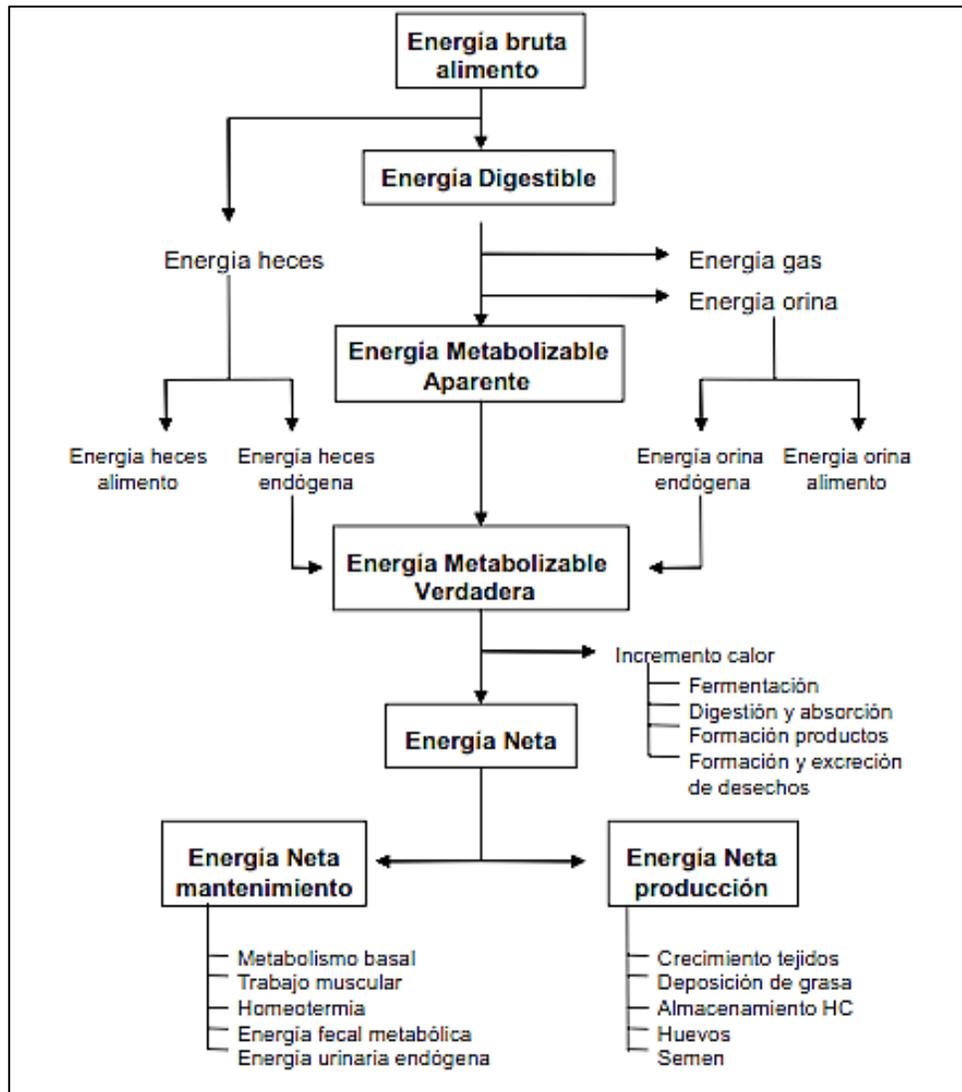


Figura 1. Partición de la energía ingerida en el ave. Francesch (2001).

La estimación de la Energía Metabolizable (EM) en vivo no es factible a escala industrial, por lo tanto, es necesario contar con tablas, ecuaciones y métodos rápidos que permitan predecir con precisión el valor energético presente en los alimentos. Para determinar la EM directamente, o en vivo, se emplea la técnica de recolección total. Esta técnica implica, por un lado, calcular la diferencia entre las concentraciones de Energía Bruta en una muestra representativa de excreta y alimento, es decir, el calor de combustión producido por estas sustancias, y por otro lado, medir de forma cuantitativa la cantidad excretada en relación con la cantidad ingerida por el animal (Francesch, 2001).

Se utiliza esta simple ecuación, $EM = (EBi - EBe) / Qa$; en donde **EBi** se refiere a Energía Bruta ingerida, **EBe** a Energía Bruta excretada y **Qa** a la cantidad de alimento ingerido por el animal.

b. Energía Metabolizable Aparente (EMA)

Como se dijo anteriormente, la EM puede ser determinada por diversos métodos. Estos cálculos se basan en el establecimiento de balances entre la cantidad ingerida y la cantidad excretada, pero se diferencian principalmente en el sistema de alimentación, en los períodos de ayuno, en la duración del ensayo y en la corrección o no por pérdidas de energía endógenas (Francesch, 2001).

La EMA no contempla las pérdidas de carácter endógeno que no proceden directamente del alimento ingerido. Esto se refiere a secreciones digestivas, descamaciones intestinales, cuerpos bacterianos, constituyentes nitrogenados procedentes del catabolismo de proteínas, etc. Por esta razón, esta medida subestima el valor energético de los alimentos cuando hay baja ingesta de

alimentos, ya que en los excrementos hay un alto contenido de origen endógeno, por lo que adquiere mayor importancia (Lessire, 2004)

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

Energía

La energía representa la habilidad de los cuerpos para llevar a cabo tareas y provocar cambios en sí mismos o en otros cuerpos. En otras palabras, la energía es la capacidad de poner en marcha las cosas (ENDESA, 2021). En el ámbito de la nutrición, el concepto de energía se relaciona con la ingesta de alimentos y la cantidad necesaria para la subsistencia de un individuo. A pesar de su aparente simplicidad, esto implica que el individuo actúa como un convertidor de distintas formas de energía de manera continua y constante (Macek, 2017).

Ipanaqué (2014) hace referencia al National Research Council (1994), donde se indica que la energía no se considera un nutriente, sino una propiedad de los nutrientes que generan energía al ser oxidados durante el metabolismo. Por otro lado, según Melo (2005), mencionado por Ipanaqué (2014), la energía requerida para la síntesis de tejidos y otros procesos metabólicos proviene de la continua oxidación de sustratos orgánicos provenientes de los alimentos a través de sus nutrientes, así como de los tejidos que se degradan constantemente.

Energía Bruta (EB)

Significa la energía total presente en un componente, pero no refleja la cantidad verdaderamente utilizable por el animal, por lo que no resulta útil en la elaboración de dietas. Por consiguiente, se requirió llevar a cabo investigaciones para evaluar la disponibilidad de energía (Sibbald, et al., 1980).

Puede determinarse directamente en una bomba calorimétrica, midiendo su calor de combustión, o estimarse a partir de los niveles de proteína, lípidos y carbohidratos y de sus respectivos coeficientes calóricos, 23.6, 39.5, 17.2 KJ/g. (NRC, 1993) citado por (Rojas, 2016).

La energía bruta o calor de combustión de un alimento es la cantidad de calor que se libera cuando se quema en un calorímetro, y representa la máxima cantidad posible de energía que se puede obtener de un alimento. Antes que los componentes de un alimento puedan servir como combustible para los animales, deben ser digeridos y absorbidos en el tracto digestivo (Rojas, 2016).

Energía Metabolizable (EM)

corresponde a la cantidad de energía retenida por el organismo, representa la cantidad de energía presente en el alimento que el animal utiliza para sus diferentes necesidades. Además, no corresponde a un valor constante característico de la dieta o del ingrediente, sino que corresponde a una medida biológica propia del animal y depende de todos los factores que intervienen en la digestión y asimilación de nutrientes (Francesch, 2001).

Digestibilidad

La digestibilidad es la medida del aprovechamiento de un alimento, es decir, la facilidad con que es convertido en el aparato digestivo en sustancias útiles para la nutrición. Comprende dos procesos, la digestión que corresponde a la hidrólisis de las moléculas complejas de los alimentos, y la absorción de pequeñas moléculas (aminoácidos, ácidos grasos) (Manríquez, 1994).

Metabolicidad

Se estima considerando la energía liberada del alimento en la dieta en comparación con la energía encontrada en las heces, contenido ileal y orina. La metabolicidad es un indicador de la eficacia en la utilización metabólica.

Formula: ($Q_m = EM/EB$)

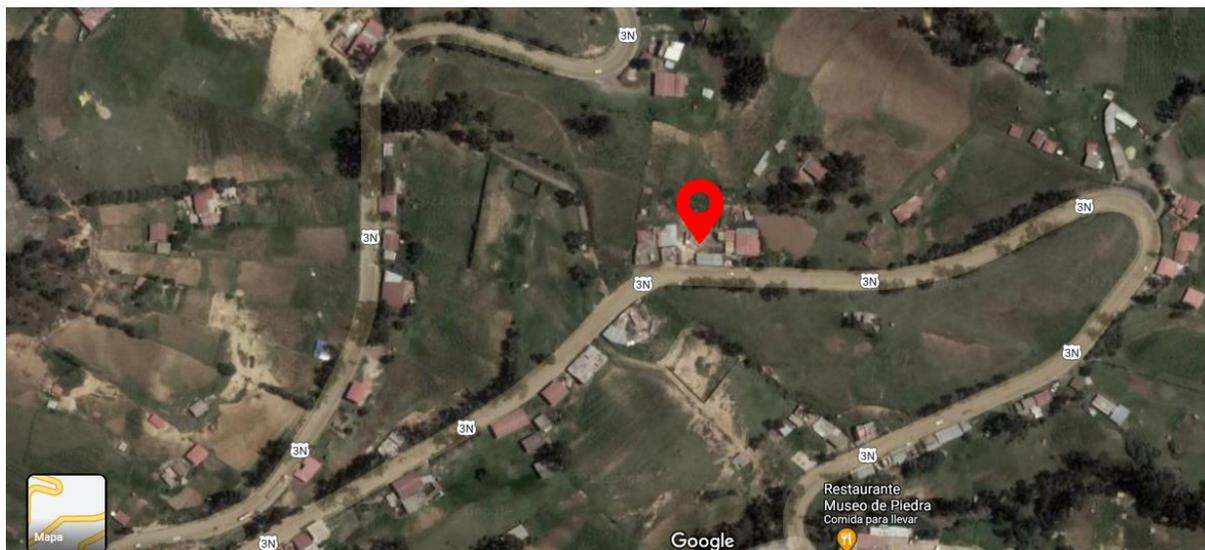
CAPITULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO

El presente trabajo, en su fase de alimentación y colecta de las excretas del pavo, se llevó a cabo en una granja de propiedad privada ubicada en Cajamarca, Perú, a una altitud de 3040 msnm.

Figura 2. Localización del trabajo de investigación



Adaptado a la ubicación del Google maps [fotografía].

3.2. DATOS GEGRÁFICOS Y CLIMATOLÓGICOS

Altitud	: 3040 m.s.n.m
Precipitación pluvial	: 750 mm
Humedad relativa	: 75 %
Temperatura Máxima	: 22 °C
Temperatura media anual	: 15 °C
Temperatura mínima	: 3 °C

Fuente: SENAMHI, 2021

Los análisis químicos de la semilla de quinua, dietas y excretas se realizaron en el Laboratorio de Bromatología del INIA-Cajamarca y en el Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos (LENA) de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

3.3. PROCEDENCIA DE LA QUINUA Y CARACTERÍSTICAS DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES

La quinua se obtuvo de un proveedor comercial de Cajamarca. Se adquirió quinua perlada, que es el grano limpio que recibe proceso de escarificado y lavado, con lo cual se elimina la saponina. El grano de quinua utilizado en el presente estudio fue el grano más pequeño obtenido luego de la selección del grano destinado para alimentación humana. La composición proximal y valor energético del grano andino de quinua se determinó en el LENA, y se presenta en el Cuadro 1.

Se trabajó con cuatro dietas para determinar por diferencia el coeficiente de digestión de nutrientes del grano de quinua y su valor energético. Las dietas basales o de referencia se formularon de acuerdo con los requerimientos nutricionales para el pavo de engorde (Santomá y Mateos, 2018), y estuvieron constituidas por los piensos iniciador (1-5 semanas de edad) y finalizador (6-10 semanas). La composición se indica en el Cuadro 2.

Las dietas basales fueron mezcladas con el grano de quinua, en proporciones de 80% pienso y 20% quinua. El análisis proximal y valor energético de los piensos iniciador y finalizador, y de las dietas iniciador + quinua y finalizador + quinua se presentan en el Cuadro 3.

Cuadro 1. Análisis químico y energía bruta del grano de quinua (% en base fresca)

	Valores
Materia seca	87,68
Proteína cruda	10,71
Extracto etéreo	5,82
Fibra cruda	2,01
Ceniza	2,02
Extracto libre de nitrógeno	67,12
Energía bruta (Kcal/kg)	4021,1

Fuente: laboratorio LENA - LA MOLINA

Cuadro 2. Composición (g/kg, base fresca) de los piensos de referencia Iniciador (1-5 semanas) y Finalizador (6-10 semanas)

Ingredientes	Iniciador	Finalizador
Maíz amarillo	280	330
Arroz partido	100	150
Polvillo de arroz	100	100
Soya integral	100	100
Torta de soya	300	200
Harina de pescado	75	40
Aceite de palma	--	40
Carbonato de calcio	9,5	11
Fosfato monodivalente	22,4	20
Sal común	3,0	40
Bicarbonato de sodio	1,0	--
DL Metionina	2,0	1,5
L-Lisina HCl	2,5	2,5
Antimicótico	1,0	--
Premezcla vitamínica mineral	1,0	1,0
Zinc bacitracina	0,5	--
Anticoccidial	0,5	--

¹ Cada kg contiene: Vit. A 10 000 mil UI, Vit. D3 3 000 mil UI, Vit. E 12 000 UI, Vit. K3 2.5 g, tiamina 2 g, riboflavina 6 g, cianocobalamina 12 mg, ácido pantoténico 16 g, ácido fólico 21,5 g, niacina 120 mg, Mn 65 g, Zn 65 g, Fe 80 g, Cu 10 g, I 1 g, Se 200 mg. Producto comercializado como Proapack Pavos por Distribuidora Montana S.A., Perú

Cuadro 3. Análisis químico y energía bruta de las dietas experimentales (% en base fresca)

	Iniciador 100%	Finalizador 100%	Iniciador 80% Quinoa 20%	Finalizador 80% Quinoa 20%
Materia seca	89,54	91,07	89,17	90,39
Proteína cruda	25,06	19,93	22,19	18,09
Extracto etéreo	4,79	7,32	5,00	7,02
Fibra cruda	2,52	2,58	2,42	2,47
Ceniza	7,76	7,12	6,61	6,10
ELN	49,41	54,11	52,95	56,71
Energía bruta (Kcal/kg)	4021,2	4166,8	4021,6	4137,9

ELN: Extracto libre de nitrógeno, Fuente: laboratorio LENA - LA MOLINA

3.4. MANEJO DE LAS AVES Y TRATAMIENTOS

Se obtuvieron 400 pavos de engorde de un día de edad (Hybrid Converter) de la empresa ISAMISA, en Lima, y trasladados vía aérea a Cajamarca. Las aves fueron criadas en un galpón de 100 m², ambientalmente controlado, con piso de cemento y cama de viruta. Se asignaron 12 pavos machos de 21 días y con peso de 601.2 + 0.08 g a los dos grupos experimentales. El control del peso de los pavos se realizó con una balanza KERN de capacidad 2100 g y precisión de lectura 0.01 g. Cada tratamiento contó con 6 pavos distribuidos en 3 jaulas metabólicas (2 aves por jaula), y dos repeticiones. Los tratamientos fueron determinados por el tipo de dieta: dieta basal iniciadora (BI) y dieta basal iniciadora + Quinoa (BIQ). Cada jaula metabólica estuvo construida por listones de madera con paredes y techo de malla metálica y piso enrejillado, de tamaño 0.90 m de largo, 0.85 m de ancho y 1 m de altura. Las jaulas estuvieron provistas de comederos y bebederos

automáticos. Cada jaula tenía cuatro patas de madera de 20 cm de altura y debajo contaba con bandejas colectoras de excretas.

Los pavos BI consumieron el alimento iniciador desde el primer día hasta los 35 días de edad, mientras que los pavos BIQ los consumieron hasta el día 20, y a partir del día 21 consumieron la dieta experimental. Se hizo un control riguroso de la ingesta de alimento colecta de excretas los últimos tres días de la fase inicial (días 33-35). Se retiraron las heces que quedaban pegadas en el piso de la jaula y también se separó manualmente el alimento caído en la bandeja colectora de heces. El pesaje del alimento suministrado y heces obtenidas se realizó en la balanza KERN.

Los pavos entre 36 días y 70 días de edad recibieron alimento finalizador, y seguidamente fueron beneficiados. En este periodo, a partir del día 56 de edad se seleccionó un nuevo lote de pavos machos al azar. Estos fueron pesados y distribuidos en jaulas individuales (las mismas utilizadas en la fase previa). Se seleccionaron seis pavos, tres por tratamiento con peso de $3,825.3 + 0.2$ g, de tal manera que cada tratamiento tuvo tres réplicas. Los tratamientos estuvieron constituidos por la dieta basal finalizadora (BF) y la dieta basal finalizadora + quinua (BFQ). En forma similar, los últimos tres días se colectaron y pesaron las excretas y se midió el consumo de alimento.

3.5. DURACIÓN DEL BIOENSAYO Y COLECTA DE EXCRETAS

Los coeficientes de digestión de nutrientes y energía de las dietas se determinaron mediante la recolección total de excretas. Los procedimientos realizados comprendieron un periodo de adaptación de 12 días y 3 días de control

de la ingesta y de las excretas, tanto para las fases de inicial como de final. Los pavos fueron alimentados con las dietas experimentales ad libitum.

Las excretas de cada jaula se recogieron tres veces al día a través de bandejas de plástico colocadas desde las 09:00 del día 33 hasta las 09:00 del día 35 en la primera etapa y desde las 09:00 del día 68 hasta las 9:00 del día 70 en la segunda etapa. Las excretas fueron pesadas luego de cada recolección. De la primera colecta de cada día se llevó una muestra en una bolsa de polietileno al laboratorio del INIA para la determinación de la materia seca. Las excretas en la granja fueron desecadas al aire bajo sombra durante 24 h y conservadas a -20 °C para su posterior traslado al laboratorio LENA para realizar el análisis proximal y determinación de energía bruta (Cuadro 4)

Cuadro 4. Análisis químico y energía bruta de las excretas según dietas experimentales (% en base fresca)

	Iniciador 100%	Finalizador 100%	Iniciador 80% Quinua 20%	Finalizador 80% Quinua 20%
Materia seca	22,57	25,86	23,04	27,52
Proteína cruda	6,79	5,58	6,32	7,21
Extracto etéreo	1,19	1,44	1,20	2,81
Fibra cruda	2,18	2,60	2,35	2,91
Ceniza	4,11	4,63	4,41	5,37
ELN	8,30	8,32	8,73	9,22
Energía bruta (Kcal/kg)	930,4	760,7	924,6	1174,9

Fuente: laboratorio LENA - LA MOLINA

3.6. ANÁLISIS QUÍMICO Y DETERMINACIONES

Se realizó el análisis químico de las dietas, de la quinua y de las excretas, para materia seca, proteína cruda, extracto etéreo, fibra cruda, cenizas y extracto libre de nitrógeno, siguiendo el método de la AOAC (2007).

La energía bruta de las dietas, quinua y excretas fue determinada en una bomba calorimétrica adiabática (Gallenkamp Autobomb, London, UK) estandarizada con ácido benzoico. Se determinaron los coeficientes de digestión mediante la fórmula general: **Coeficiente (%) = [(Nutriente consumido - Nutriente excretado) / Nutriente consumido] x 100.**

Primero se determinaron los coeficientes de retención de los nutrientes de los piensos iniciador y finalizador, tal como se muestra en los anexos 2,3, 4, 8, 9 y 10. Se calcularon los coeficientes de retención de nutrientes de las dietas a base de piensos iniciador y finalizador más quinua, tal como se indican en los anexos 5, 6, 7, 11, 12 y 13. Conociendo los coeficientes de retención de los piensos iniciador y finalizador se determinaron los coeficientes de digestibilidad del grano de quinua, tal como se indica en los anexos 15, 16, 17, 19, 20 y 21.

Los valores de la energía metabolizable aparente (EMA) de las dietas (Anexos 22, 23 y 24) fueron determinados de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{EMA (kcal/kg de dieta)} = (\text{EB Ingerida} - \text{EB excretas}) / \text{Consumo.}$$

Los valores de EMA del grano de quinua, tanto a las 5 y 10 semanas de edad del pavo, se determinaron con la siguiente fórmula:

$$\text{EMA quinua (kcal/kg)} = [\text{EMAbq} - \text{EMAb} \times (1 - \text{C})] / \text{C.}$$

Donde:

- EMAbq: EMA de la dieta basal + quinua
- EMAb: EMA de la dieta basal
- C: Proporción de sustitución = 0.20

La metabolibilidad de la energía se determinó por la relación entre la energía metabolizable sobre la energía bruta, de las dietas o del grano de quinua, según el

$$\text{Metabolibilidad} = \text{EM/EB}$$

3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos de digestión de nutrientes y el valor de EMA de las dietas experimentales se analizaron mediante un análisis de varianza de acuerdo con un diseño completamente al azar con dos tratamientos usando el software SAS. El efecto de la edad de los pavos sobre la digestión de los nutrientes y el valor de la energía del grano de quinua fue determinado mediante prueba «t» de Student.

CAPITULO IV

4.1. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los coeficientes de digestibilidad y retención de los nutrientes y los valores de EMA de las dietas BI y BIQ en pavos de 5 semanas de edad se muestran en el Cuadro 5. Los coeficientes de digestibilidad y retención de nutrientes y las determinaciones de EMA de las dietas BF y BFQ en pavos de 10 semanas de edad se muestran en el Cuadro 6. La influencia de la edad del pavo de engorde en la digestibilidad y retención de MS, PC, EE, FC, ELN, EB y EMA de la quinua se resume comparativamente en el Cuadro 7.

Cuadro 5. Coeficientes de digestibilidad y retención de nutrientes y energía metabolizable de las dietas para pavos de 33 a 35 días de edad.

	Dieta Basal	Dieta Basal + Quinoa	SEM	Valor p
Retención de MS, %	80,54	81,30	0,37	0,006
Retención de PC, %	79,09	79,39	0,15	0,077
Digestibilidad de EE, %	80,82	82,63	0,91	0,001
Digestibilidad de FC, %	33,22	29,72	1,75	0,004
Retención de ELN, %	87,03	88,07	0,52	0,002
EMA, Kcal/kg	2772,10	2864,13	46,01	0,007
EMA/EB, %	83,72	87,58	1,93	0,004

Cuando $p < 0.05$ existen diferencias estadísticas entre promedios

MS: materia seca. PC: proteína cruda. EE: extracto etéreo. FC: fibra cruda. ELN: extracto libre de nitrógeno. EMA: energía metabolizable aparente. EB: energía bruta.

Cuadro 6. Coeficientes de digestibilidad y retención de nutrientes y energía metabolizable de las dietas para pavos de 68 a 70 días de edad

	Dieta Basal	Dieta Basal + Quinoa	SEM	Valor p
Retención de MS, %	78,36	79,63	0,63	0,054
Retención de PC, %	75,56	73,33	1,12	0,028
Digestibilidad de EE, %	82,82	73,21	4,81	0,001
Digestibilidad de FC, %	11,97	21,16	4,59	0,009
Retención de ELN, %	86,56	89,21	1,35	0,002
EMA, Kcal/kg	3048,28	2936,36	55,96	0,005
EMA/EB, %	86,79	83,65	1,28	0,006

Cuando $p < 0.05$ existen diferencias estadísticas entre promedios

MS: materia seca. PC: proteína cruda. EE: extracto etéreo. FC: fibra cruda. ELN: extracto libre de nitrógeno. EMA: energía metabolizable aparente. EB: energía bruta.

Cuadro 7. Promedio y desviación estándar de los coeficientes de digestibilidad y retención de los nutrientes y energía metabolizable de la semilla de quinoa en pavos de dos edades ($n=3$; $t_{0,05} = 2.776$)

	5 semanas	10 semanas	t calculado
Retención de MS, %	84,40 \pm 0,22	60,50 \pm 13,70	9,948
Retención de PC, %	84,60 \pm 0,24	63,19 \pm 3,28	14,419
Digestibilidad de EE, %	89,86 \pm 0,20	37,88 \pm 16,81	19,570
Digestibilidad de FC, %	15,72 \pm 0,81	60,53 \pm 29,67	4,916
Retención de ELN, %	92,21 \pm 0,14	96,31 \pm 3,46	3,356
EMA, kcal/kg	3232 \pm 132,5	2489 \pm 98,7	75,948
EMA/EB, %	92,30 \pm 3,78	71,0 \pm 2,82	12,384

Cuando $t_{0,05} < t$ calculado existen diferencias estadísticas entre promedios

MS: materia seca. PC: proteína cruda. EE: extracto etéreo. FC: fibra cruda. ELN: extracto libre de nitrógeno. EMA: energía metabolizable aparente. EB: energía bruta.

4.2. Coeficientes de digestibilidad y retención de nutrientes y EMA de las dietas a las cinco y diez semanas de edad

Comparativamente la dieta BIQ con grano de quinua presenta mayores coeficientes de retención de la MS, PC, ELN y EB, mayor coeficiente de digestibilidad del EE y mejor valor de la EMA que los de la dieta BI. Los pavos de engorde a las cinco semanas de edad asimilan relativamente bien los nutrientes del grano de quinua. Los pavos que consumieron la dieta BIQ tuvieron menor excreción de nutrientes que los pavos con la dieta BI. Es conocido que la semilla de quinua contiene más de 85% de ácidos grasos insaturados del total de sus ácidos grasos Peiretti et al (2013). Esto explicaría la mayor digestibilidad y absorción del EE de la dieta con quinua.

La dieta BIQ tiene mejor coeficiente de retención del ELN que la dieta BI. Por lo general la fracción de ELN está compuesta mayoritariamente por almidón; por tanto, la relación entre los coeficientes de retención de ELN y FC concuerdan con los determinados por Cerrate et al (2019), quienes determinaron que el coeficiente de digestibilidad del almidón se asocia negativamente con la fibra de la dieta.

La EMA y la metabolicidad de la energía de la dieta con quinua (BIQ) en pavos de 5 semanas de edad fue mayor que las de la dieta BI (2864 kcal/kg y 87,6% para EMA y EMA/EB, respectivamente vs 2772 kcal/kg y 83,7% para EMA y EMA/EB, respectivamente). Esto indicaría que la inclusión de quinua potencia la retención de nutrientes y mejora el valor energético de la dieta inicial en pavos de cinco semanas de edad.

Con relación a la fase final, los coeficientes de digestión de la MS fueron similares en las dietas BF y BFQ, aunque la digestión de PC y EE fue mejor ($p<0.01$) con la dieta BF. La dieta BFQ tuvo mayor digestión de FC y ELN que la dieta BF (Cuadro 6). El valor de la EMA y la metabolicidad de la EB de la dieta BF fue mayor ($p<0.01$) que el de la dieta BFQ. La digestión de proteína fue mayor ($p<0.01$) en la dieta BF que en la dieta BFQ debido a una menor excreción de PC (5.58%) con la dieta BF respecto de la dieta BFQ (7.21%) (Cuadro 4), lo cual también guarda relación positiva con el contenido de proteína de las dietas (Cuadro 3). Del mismo modo los coeficientes de digestión del EE y ELN se vieron afectados positivamente por el EE y ELN dietario ($p<0.01$). A mayor cantidad de estas fracciones nutricionales en la dieta se determinó mayores coeficientes de digestión, lo cual concuerda con Cerrate et al. (2019) en pollos de engorde, quienes mejoraron la disponibilidad de los nutrientes con la inclusión de proteasas, lipasas y carbohidrasas en la dieta. Por tanto, la dieta BFQ, al contener menores coeficientes de digestión de nutrientes que la dieta BF, afectó directamente y produjo menores valores de EMA ($p<0.01$). Estos resultados podrían indicar que la inclusión de quinua en dietas de pavos de 10 semanas es menos asimilable que la quinua ingerida por pavos de 5 semanas de edad.

4.3. Efecto de la edad del pavo sobre la metabolicidad y digestibilidad de la semilla de quinua

La influencia de la edad del pavo de engorde en la digestión de MS, PC, EE, FC, ELN, EB y EMA de la quinua se resume comparativamente en el Cuadro 7.

Los coeficientes de digestión de MS, PC, EE y EB disminuyeron con el avance de la edad. Sin embargo, los valores de los carbohidratos (ELN y FC) mejoraron en los pavos de mayor edad. El método empleado en el presente estudio

para medir la EMA de la semilla de quinua fue el de sustitución, donde la quinua fue el ingrediente de prueba que sustituyó a una porción de la dieta de referencia compuesta por ingredientes utilizados en la alimentación de pavos. Otro método para medir la EMA de los cereales es el método directo, donde las dietas se componen casi exclusivamente con el ingrediente de prueba (McDonald et al., 2013). Ese método es simple y elimina la necesidad de una dieta de referencia; sin embargo, se tiene el inconveniente de que no funciona si las dietas contienen ingredientes de baja palatabilidad. Por otro lado, estas metodologías pueden generar diferentes valores de EMA de los ingredientes (Khalil et al., 2021; Olukosi et al., 2019). Por tanto, es importante considerar el método o prueba en la utilización de los valores de digestión y del EMA en este estudio.

Los hallazgos del presente estudio no concuerdan con algunos resultados que sostienen que la utilización de energía y el valor energético de los alimentos aumenta con la edad del animal (Yang et al., 2020). La ausencia de efecto positivo de la mayor edad sobre la EMA del grano de quinua en el presente estudio también fue observada en la baja digestibilidad de MS, PC, y EE del pavo de 10 semanas. Estos resultados, no obstante, concuerdan con otros estudios que no encontraron una mejor respuesta en la digestibilidad de los nutrientes en aves de mayor edad. Así, Khalil et al. (2021) encontraron valores bajos de EMA y menor digestibilidad de MS y N del trigo, sorgo, cebada y maíz en pollos de engorde de 6 semanas en comparación con valores en pollos de una semana. En forma similar, Szczurek et al (2020) encontraron mayores coeficientes de digestibilidad de aminoácidos de trigo en pollos de 14 días en comparación con pollos de 27 días. En esta misma línea, Olukosi y Bedford (2019) mostraron una reducción en la digestibilidad de la grasa entre los 7 y 14 días de edad en pollos de engorde y Mossab et al. (2000) obtuvo valores de EMA decrecientes del sebo en pavos de 1 y 3 semanas.

La disminución de la digestibilidad de la PC de la quinua en pavos de 10 semanas puede atribuirse en parte al aumento de la producción de ácido úrico en las excretas y al aumento de la ingesta de alimento en dichos pavos, lo que promovió mayor excreción de nitrógeno (Wang et al., 2021). La mayor digestibilidad total de PC en pavos de 5 semanas puede explicarse por el hecho de que los pavos de menor edad crecen más rápido y usan más nitrógeno para la deposición proteica (Wang et al 2022).

La menor digestibilidad de EE de la quinua en los pavos de 10 semanas no concuerda con la aseveración de que la deposición de grasa aumenta con la edad (Sato et al., 2009). Tampoco concuerda con Wang et al (2022) quienes, en gallos adultos, determinaron mayor digestibilidad del EE que en los pollos de engorde. El pavo de engorde a mayor edad requiere alimentos con altas concentraciones de energía (Aviagen Turkeys,2019), y asimila mejor la energía proveniente de los lípidos que la de los carbohidratos (Lázaro et al., 2002). La quinua utilizada en el presente estudio contenía 5.82% de EE (Cuadro 1), lo cual no fue suficiente para cubrir la demanda energética del pavo; por el contrario, la inclusión de quinua en la dieta BFQ disminuyó el aporte de EE y EMA (Cuadro 3). Por otro lado, la retención de FC y ELN de la quinua fue mayor en pavos demás edad, lo cual reflejaría una posible mayor actividad y eficiencia de las enzimas amilolíticas y celulasas producidas a nivel del tracto digestivo distal del pavo de 10 semanas.

CAPITULO V

CONCLUSIONES

- El grano de quinua presenta mayor energía metabolizable aparente, digestibilidad de nutrientes y metabolicidad en pavos de 5 semanas que a las 10 semanas por lo que podría ser incluida con mayor eficiencia en dietas de iniciación del pavo de engorde.
- El valor de la energía metabolizable aparente y los coeficientes de digestibilidad y retención de nutrientes de la semilla de quinua disminuyen en pavos de 10 semanas de edad.

RECOMENDACIONES

- Continuar evaluando la EMA de la semilla de quinua en la alimentación de pavos en relación a la digestibilidad y metabolicidad de los nutrientes, a fin de conocer su verdadero valor energético de la semilla de quinua cuando es consumido como grano entero.
- Evaluar la repercusión digestiva y productiva de la alimentación con la semilla de quinua en otras especies avícolas como patos, gallos de pelea y gallinas criollas.
- Evaluar el efecto de la semilla de quinua sobre las características físicas, organolépticas y gastronómicas de la carne de aves domésticas en general.

BIBLIOGRAFÍA

- AOAC International 2005** Official Methods of Analysis. 18th ed. AOAC International, Washington, DC.
- Aviagen Turkeys 2019** Feeding recommendations for commercial stock.
<https://www.aviagenturkeys.us/>.
- Ball ME, Owens B and McCracken KJ 2013** Chemical and physical predictors of the nutritive value of wheat in broiler diets. *Asian Australas. J. Anim. Sci* 26: 97-107.
- Bhargava A, Shukla S and Ohri D 2003.** Genetic variability and heritability of selected traits during different cuttings of vegetable *Chenopodium*. *Ind. J. Genet. Plant Breed.* 63, 359-360
- Carlson D, Fernandez JA, Poulsen HD, Nielsen B and Jacobsen SE 2011** Effects of quinoa hull meal on piglet performance and intestinal epithelial physiology. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 96: 198-205. DOI: 10.1111/j.1439-0396.2011.01138. x.
- Cerrate S, Ekmay R, England JA and Coon C 2019** Predicting nutrient digestibility and energy value for broilers. *Poultry Science* 98:3994-4007.
<http://dx.doi.org/10.3382/ps/pez142>.
- Correa, K., S., M. C., C., V. C. & C., F. C., 2009.** Determinación de Energía Metabolizable, s.l.: s.n.
- Francesch, M., 2001.** Sistemas de Valoración energética de los alimentos en aves. Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentaries (IRTA), Departamento de Nutrición., 9(1), pp. 35-42.
- Francis G, Kerem Z, Makkar HP and Becker K. 2002** The biological action of saponins in animal systems: a review. *British Journal of Nutrition* 88: 587-605.

- Gómez L y Aguilar E 2016** Guía de cultivo de la quinua. FAO- Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú. 121 pp.
- Improta F and Kellens R 2001** Comparison of raw, washed and polished quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to wheat, sorghum or maize based diets on growth and survival of broiler chicks. *Livest. Res. Rural Develop.* 13 (1): 1-10
- Ipanaqué, G. C. G., 2014.** efecto de la suplementación de un complejo enzimático sobre la energía metabolizable aparente y metabolicidad de la materia seca en dietas de pollos de carne, s.l.: s.n.
- Jacobsen EE, Skadhauge B and Jacobsen SE 1997** Effect of dietary inclusion of quinoa on broiler growth performance. *Animal Feed Science and Technology* 65: 5-14
- Hughes, R., 2003.** Energy Metabolism in Chickens: Physiological Limitations. s.l.: s.n.
- Khalil MM, Abdollahi MR, Zaefarian F, Chrystal PV and Ravindran V 2021** Apparent metabolizable energy of cereal grains for broiler chickens is influenced by age. *Poultry Science* 100:101288.
<https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101288>.
- Kiarie E, Romero LF and Ravindran V 2014** Growth performance, nutrient utilization, and digesta characteristics in broiler chickens fed corn or wheat diets without or with supplemental xylanase. *Poultry Science* 93: 1186-1196. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2013-03715>.
- Kubelková P, Jalc D, Homolka P and Cermák B 2013** Effect of dietary supplementation with treated amaranth seeds on fermentation parameters in an artificial rumen. *Czech Journal of Animal Science* 58, 159–166.
<https://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/88584.pdf>.

Kuenz S, Thurner S, Hoffmann D, Kraft K, Wiltafsky-Martin M, Damme K, Windisch W and Brugger D 2022 Effects of gradual differences in trypsin inhibitor activity on the estimation of digestible amino acids in soybean expellers for broiler chickens. *Poultry Science* 101:101740.
<https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.101740>.

Lázaro R, Mateos GG y Latorre MA 2002 Nutrición y alimentación de pavos de engorde. XVIII Curso de especialización FEDNA: 187 – 204.
Barcelona, España.

Nilsen B, Johnston NP, Stevens N and Robinson TF 2015 Degradation parameters of amaranth, barley and quinoa in alpacas fed grass hay. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 99: 873–879

Manríquez, J. A., 1994. la digestibilidad como criterio de evaluación de alimentos y su aplicación en peces en la conservación del medio ambiente. en: e. c. campos, ed. control de calidad de insumos y dietas acuícolas.
México: s.n.

Mateos GG, Cámara L, Fondevila G and Lázaro RP 2019 Critical Review of the Procedures Used for Estimation of the Energy Content of Diets and Ingredients in Poultry. 9 *J. Appl. Poult. Res.* 28:506-525.
<http://dx.doi.org/10.3382/japr/pfy025>.

Moscoso-Muñoz, y otros, 2020. Contenido de energía metabolizable y energía neta del maíz, subproducto de trigo, harina de soya, harina de pescado y aceite de soya para pollos de carne. *Scientia Agropecuaria*, 11(3), p. 335 – 344.

McDonald P, Edwards RA, Greenhalgh JFD, Morgan CA, Sinclair LA and Wilkinson RG 2013 *Animal Nutrition*. Ed. Pearson, 7th Edition. 692 pp.

- Olukosi OA, Walker RL and Houdijk JG 2019** Evaluation of the nutritive value of legume alternatives to soybean meal for broiler chickens. Poultry Science 98:5778–5788 <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pez374>.
- Olukosi OA and Bedford MR 2019** Comparative effects of wheat varieties and xylanase supplementation on growth performance, nutrient utilization, net energy, and whole-body energy and nutrient partitioning in broilers at different ages. Poultry Science 98:2179-2188 <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pey582>.
- Olukosi OA, Cowieson AJ and Adeola O 2007** Age-Related Influence of a Cocktail of Xylanase, Amylase, and Protease or Phytase Individually or in Combination in Broilers. Poultry Science 86:77-86. <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0032579119423754>.
- Peiretti PG, Gai F and Tassone S. 2013** Fatty acid profile and nutritive value of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds and plants at different growth stages. Animal Feed Science and Technology 183 (2013) 56–61.
- Repo-Carrasco R, Espinoza C and Jacobsen SE 2003** Nutritional value and use of the Andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kaniwa (*Chenopodium pallidicaule*). Food Reviews International 19: 179- 189.
- Rojas, A. R., 2016.** determinación de la digestibilidad y energía digestible del aceite acidulado de soya en juveniles de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), s.l.: s.n.
- Santomá G y Mateos GG 2018** Necesidades nutricionales en avicultura. Normas FEDNA, 2^a edición. 194 pp.
- Sato K, Abe H, Kono T, Yamazaki M, Nakashima K, Kamada T and Akiba Y 2009** Changes in peroxisome proliferator-activated receptor gamma

gene expression of chicken abdominal adipose tissue with different age, sex and genotype. *Anim. Sci. J.* 80:322–327.

Szczurek W, Szymczyk B, Arczewska-Włosek A and Świątkiewicz S

2019. Apparent and standardised ileal digestibility of amino acids in wheat, triticale and barley for broiler chickens at two different ages. *British Poultry Science* 61(1): 1-29.

<https://doi.org/10.1080/00071668.2019.1673317>.

Sibbald, I. R., Price, K. & Barrete, J. P., 1980. True Metabolizable energy values for poultry of commercial diets measured by bioassay and predicted from chemical data. *Poultry Science*, Volumen 59, pp. 808-811.

Tancharoenrat P, Ravindran V, Zaefarian F and Ravindran G 2014

Influence of age on the apparent metabolisable energy and total tract apparent fat digestibility of different fat sources for broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology* 186: 186-192.

<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2013.10.013>.

Wang Y, Wu Y, Mahmood T, Chen J and Yuan J 2022 Age-dependent response to fasting during assessment of metabolizable energy and total tract digestibility in chicken. *Poultry Science* 101:101932

<https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.101932>.

Wang Y, Wu Y, Chen J, Guo X, Yan L, Guo Y, Wang B and Yuan J 2021

The duration of food withdrawal affects the intestinal structure, nutrients absorption, and utilization in broiler chicken. *FASEB J* 35(1): e21178.

Wu SB, Choct M and Pesti G 2020 Historical flaws in bioassays used to generate metabolizable energy values for poultry feed formulation: a critical review. *Poultry Science* 99:385-406

<http://dx.doi.org/10.3382/ps/pez511>.

Yang Z, Pirgozliev VR, Rose SP, Woods S, Yang HM, Wang ZY and Bedford MR 2020 Effect of age on the relationship between metabolizable energy and digestible energy for broiler chickens. Poultry Science 99:320-330. <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pez495>.

ANEXOS

Anexo 1. Ingestas y excretas (en kg/pavo) producidas durante tres días de evaluación en pavos de 5 y 10 semanas de edad.

Ingesta de alimento				
Repetición	Iniciador	Finalizador	In80- Qu20	Fi80- Qu20
1	0.472	1.219	0.492	1.307
2	0.484	1.148	0.498	1.298
3	0.501	1.225	0.483	1.277
Excretas				
Repetición	Iniciador	Finalizador	I80-Q20	F80-Q20
1	0.358	0.892	0.357	0.858
2	0.375	0.902	0.36	0.904
3	0.392	0.942	0.379	0.836

Anexo 2. Nutrientes consumidos, excretados y digeridos. Coeficientes de digestibilidad de los nutrientes del alimento Iniciador 100%. Pavo 1-I.

	Nutriente consumido (g)	Nutriente excretado(g)	Nutriente digerido (g)	Coefficiente de digestibilidad (%)
Materia seca	422.63	80.80	341.83	80.88
Proteína total	118.28	24.31	93.98	79.45
Grasa	22.61	4.26	18.35	81.16
Fibra cruda	11.89	7.80	4.09	34.39
Ceniza	36.63	14.71	21.91	59.83
Extracto no nitrogenado	233.22	29.71	203.50	87.26

Anexo 3. Nutrientes consumidos, excretados y digeridos. Coeficientes de digestibilidad de los nutrientes del alimento Iniciador 100%. Pavo 2-I.

	Nutriente consumido (g)	Nutriente excretado(g)	Nutriente digerido (g)	Coefficiente de digestibilidad (%)
Materia seca	433.37	84.64	348.74	80.47
Proteína total	121.29	25.46	95.83	79.01
Grasa	23.18	4.46	18.72	80.75
Fibra cruda	12.20	8.18	4.02	32.97
Ceniza	37.56	15.41	22.15	58.96
Extracto no nitrogenado	239.14	31.13	208.02	86.98

Anexo 4. Nutrientes consumidos, excretados y digeridos. Coeficientes de digestibilidad de los nutrientes del alimento Iniciador 100%. Pavo 3-I.

	Nutriente consumido (g)	Nutriente excretado(g)	Nutriente digerido (g)	Coefficiente de digestibilidad (%)
Materia seca	448.60	88.47	360.12	80.28
Proteína total	125.55	26.62	98.93	78.80
Grasa	24.00	4.66	19.33	80.56
Fibra cruda	12.63	8.55	4.08	32.31
Ceniza	38.88	16.11	22.77	58.56
Extracto no nitrogenado	247.54	32.54	215.01	86.86

Anexo 5. Nutrientes consumidos, excretados y digeridos. Coeficientes de digestibilidad de los nutrientes del alimento Iniciador 80% - Quinoa 20%. Pavo 1-IQ.

	Nutriente consumido (g)	Nutriente excretado(g)	Nutriente digerido (g)	Coefficiente de digestibilidad (%)
Materia seca	438.72	82.25	356.46	81.25
Proteína total	109.17	22.56	86.61	79.33
Grasa	24.60	4.28	20.32	82.59
Fibra cruda	11.91	8.39	3.52	29.54
Ceniza	32.52	15.82	16.71	51.37
Extracto no nitrogenado	260.51	31.17	229.35	88.04

Anexo 6. Nutrientes consumidos, excretados y digeridos. Coeficientes de digestibilidad de los nutrientes del alimento Iniciador 80% - Quinoa 20%. Pavo 2-IQ.

	Nutriente consumido (g)	Nutriente excretado(g)	Nutriente digerido (g)	Coefficiente de digestibilidad (%)
Materia seca	444.07	82.94	361.12	81.32
Proteína total	110.51	22.75	87.75	79.41
Grasa	24.90	4.32	20.58	82.65
Fibra cruda	12.05	8.46	3.59	29.80
Ceniza	32.92	15.95	16.97	51.55
Extracto no nitrogenado	263.69	31.43	232.26	88.08

Anexo 7. Nutrientes consumidos, excretados y digeridos. Coeficientes de digestibilidad de los nutrientes del alimento Iniciador 80% - Quinoa 20%. Pavo 3-IQ.

	Nutriente consumido (g)	Nutriente excretado(g)	Nutriente digerido (g)	Coefficiente de digestibilidad (%)
Materia seca	430.69	80.41	350.28	81.33
Proteína total	107.18	22.06	85.12	79.42
Grasa	24.15	4.19	19.96	82.66
Fibra cruda	11.69	8.20	3.49	29.83
Ceniza	31.93	15.46	16.47	51.57
Extracto no nitrogenado	255.75	30.47	225.28	88.09

Anexo 8. Nutrientes consumidos, excretados y digeridos. Coeficientes de digestibilidad de los nutrientes del alimento Acabado 100%. Pavo 1-A.

	Nutriente consumido (g)	Nutriente excretado(g)	Nutriente digerido (g)	Coefficiente de digestibilidad (%)
Materia seca	1110.14	230.67	879.47	79.22
Proteína total	242.95	57.00	185.95	76.54
Grasa	89.23	14.72	74.51	83.51
Fibra cruda	31.45	26.58	4.87	15.48
Ceniza	86.79	47.37	39.43	45.43
Extracto no nitrogenado	659.60	85.10	574.50	87.10

Anexo 9. Nutrientes consumidos, excretados y digeridos. Coeficientes de digestibilidad de los nutrientes del alimento Acabado 100%. Pavo 2-A.

	Nutriente consumido (g)	Nutriente excretado(g)	Nutriente digerido (g)	Coefficiente de digestibilidad (%)
Materia seca	1045.48	233.26	812.23	77.69
Proteína total	228.80	57.64	171.16	74.81
Grasa	84.03	14.88	69.15	82.29
Fibra cruda	29.62	26.88	2.74	9.25
Ceniza	81.74	47.90	33.84	41.40
Extracto no nitrogenado	621.18	86.05	535.13	86.15

Anexo 10. Nutrientes consumidos, excretados y digeridos. Coeficientes de digestibilidad de los nutrientes del alimento Acabado 100%. Pavo 3-A.

	Nutriente consumido (g)	Nutriente excretado(g)	Nutriente digerido (g)	Coefficiente de digestibilidad (%)
Materia seca	1115.61	243.60	872.01	78.16
Proteína total	244.14	60.19	183.95	75.34
Grasa	89.67	15.54	74.13	82.67
Fibra cruda	31.61	28.07	3.53	11.18
Ceniza	87.22	50.02	37.20	42.65
Extracto no nitrogenado	662.85	89.87	572.98	86.44

Anexo 11. Nutrientes consumidos, excretados y digeridos. Coeficientes de digestibilidad de los nutrientes del alimento Acabado 80% - Quinoa 20%. Pavo 1-AQ.

	Nutriente consumido (g)	Nutriente excretado(g)	Nutriente digerido (g)	Coefficiente de digestibilidad (%)
Materia seca	1181.40	236.12	945.28	80.01
Proteína total	236.44	61.86	174.57	73.84
Grasa	91.75	24.11	67.64	73.72
Fibra cruda	32.28	24.97	7.32	22.66
Ceniza	79.73	46.07	33.65	42.21
Extracto no nitrogenado	741.20	79.11	662.09	89.33

Anexo 12. Nutrientes consumidos, excretados y digeridos. Coeficientes de digestibilidad de los nutrientes del alimento Acabado 80% - Quinoa 20%. Pavo 2-AQ.

	Nutriente consumido (g)	Nutriente excretado(g)	Nutriente digerido (g)	Coefficiente de digestibilidad (%)
Materia seca	1173.26	248.78	924.48	78.80
Proteína total	234.81	65.18	169.63	72.24
Grasa	91.12	25.40	65.72	72.12
Fibra cruda	32.06	26.31	5.75	17.95
Ceniza	79.18	48.54	30.63	38.69
Extracto no nitrogenado	736.10	79.11	656.99	89.25

Anexo 13. Nutrientes consumidos, excretados y digeridos. Coeficientes de digestibilidad de los nutrientes del alimento Acabado 80% - Quinoa 20%. Pavo 3-AQ.

	Nutriente consumido (g)	Nutriente excretado(g)	Nutriente digerido (g)	Coefficiente de digestibilidad (%)
Materia seca	1154.28	230.07	924.21	80.07
Proteína total	231.01	60.28	170.73	73.91
Grasa	89.65	23.49	66.15	73.79
Fibra cruda	31.54	24.33	7.21	22.87
Ceniza	77.90	44.89	33.00	42.37
Extracto no nitrogenado	724.19	77.08	647.11	89.36

Anexo 14. Promedio de los coeficientes de digestibilidad de los nutrientes del alimento Iniciador (%).

	Muestra			Media
	1	2	3	
Materia seca	80.88	80.47	80.28	80.54
Proteína total	79.45	79.01	78.80	79.09
Grasa	81.16	80.75	80.56	80.82
Fibra cruda	34.39	32.97	32.31	33.22
Ceniza	59.83	58.96	58.56	59.12
Extracto no nitrogenado	87.26	86.98	86.86	87.03

Anexo 15. Cálculo de los coeficientes de digestibilidad de los nutrientes de la quinua en pavos de cinco semanas de edad. Animal 1

	NC inicio 393.6	NC quinua 98.4	NE inicio	NE quinua	ND quinua	CD quinua
Materia seca	352.43	86.29	68.57	13.68	72.61	84.15
Proteína total	87.34	21.83	18.27	4.30	17.54	80.33
Grasa	19.68	4.92	3.77	0.51	4.41	89.63
Fibra cruda	9.53	2.38	6.36	2.03	0.35	14.79
Ceniza	26.02	6.50	10.64	5.18	1.33	20.38
Extracto no nitrogenado	208.41	52.10	27.02	4.14	47.96	92.05

Anexo 16. Cálculo de los coeficientes de digestibilidad de los nutrientes de la quinua en pavos de cinco semanas de edad. Animal 2

	NC inicio 398.4	NC quinua 99.6	NE inicio	NE quinua	ND quinua	CD quinua
Materia seca	356.73	87.34	69.41	13.54	73.80	84.50
Proteína total	88.40	22.10	18.49	4.26	17.84	80.71
Grasa	19.92	4.98	3.82	0.50	4.48	89.96
Fibra cruda	9.64	2.41	6.44	2.02	0.39	16.11
Ceniza	26.33	6.58	10.77	5.18	1.40	21.29
Extracto no nitrogenado	210.95	52.74	27.35	4.07	48.66	92.27

Anexo 17. Cálculo de los coeficientes de digestibilidad de los nutrientes de la quinua en pavos de cinco semanas de edad. Animal 3

	NC inicio 386.4	NC quinua 96.6	NE inicio	NE quinua	ND quinua	CD quinua
Materia seca	345.98	84.71	67.32	13.09	71.62	84.54
Proteína total	85.74	21.44	17.93	4.12	17.31	80.76
Grasa	19.32	4.83	3.70	0.48	4.35	90.00
Fibra cruda	9.35	2.34	6.24	1.96	0.38	16.27
Ceniza	25.54	6.39	10.44	5.02	1.37	21.40
Extracto no nitrogenado	204.60	51.15	26.53	3.94	47.21	92.30

Anexo 18. Promedio de los coeficientes de digestibilidad de los nutrientes del Alimento Acabado (%).

	Muestra			Media
	1	2	3	
Materia seca	79.22	77.69	78.16	78.36
Proteína total	76.54	74.81	75.34	75.56
Grasa	83.51	82.29	82.67	82.82
Fibra cruda	15.48	9.25	11.18	11.97
Ceniza	45.43	41.40	42.65	43.16
Extracto no nitrogenado	87.10	86.15	86.44	86.56

Anexo 19. Cálculo de los coeficientes de digestibilidad de los nutrientes de la quinua en pavos de diez semanas de edad. Animal 1.

	NC acabado 1045.6	NC quinua 261.4	NE acabado	NE quinua	ND quinua	CD quinua
Materia seca	952.23	229.17	124.87	111.25	117.92	51.46
Proteína total	208.39	28.05	50.92	10.94	17.11	61.00
Grasa	76.54	15.21	13.15	10.96	4.25	27.95
Fibra cruda	26.98	5.31	23.75	1.22	4.09	77.01
Ceniza	74.45	5.28	42.32	3.76	1.52	28.81
Extracto no nitrogenado	565.77	175.43	76.02	3.08	172.34	98.24

Anexo 20. Cálculo de los coeficientes de digestibilidad de los nutrientes de la quinua en pavos de diez semanas de edad. Animal 2.

	NC acabado 723.2	NC quinua 180.8	NE acabado	NE quinua	ND quinua	CD quinua
Materia seca	658.62	514.64	126.60	122.18	392.47	76.26
Proteína total	144.13	90.67	35.22	29.96	60.72	66.96
Grasa	52.94	38.18	9.09	16.31	21.87	57.29
Fibra cruda	18.66	13.40	16.43	9.88	3.52	26.27
Ceniza	51.49	27.69	29.27	19.28	8.41	30.37
Extracto no nitrogenado	391.32	344.77	52.58	26.52	318.25	92.31

Anexo 21. Cálculo de los coeficientes de digestibilidad de los nutrientes de la quinua en pavos de diez semanas de edad. Animal 3.

	NC acabado 1021.6	NC quinua 255.4	NE acabado	NE quinua	ND quinua	CD quinua
Materia seca	930.37	223.91	126.60	103.46	120.45	53.79
Proteína total	203.60	27.40	49.75	10.52	16.88	61.60
Grasa	74.78	14.86	12.85	10.64	4.22	28.39
Fibra cruda	26.36	5.18	23.20	1.13	4.06	78.30
Ceniza	72.74	5.16	41.34	3.55	1.61	31.21
Extracto no nitrogenado	552.79	171.40	74.28	2.80	168.60	98.37

Anexo 22. Energía bruta ingerida según dietas (kcal)

Repetición	Iniciador	Finalizador	I80%- Q20%	F80%- Q20%
1	1647.42	4413.26	1747.78	4865.43
2	1689.30	4156.21	1769.09	4831.93
3	1748.64	4434.99	1715.80	4753.76

Anexo 23. Energía bruta excretada según dietas (kcal)

Repetición	Iniciador	Finalizador	I80%- Q20%	F80%- Q20%
1	333.09	669.60	330.07	1008.06
2	348.91	677.11	332.85	1062.11
3	364.72	707.14	350.41	982.22

Anexo 24. Energía metabolizable aparente (EMA, kcal/kg)

Repetición	Iniciador	Finalizador	I80%- Q20%	F80%- Q20%
1	2784.6	3071.1	2881.5	2951.3
2	2769.4	3030.6	2884.0	2904.3
3	2762.3	3043.1	2826.9	2953.4

Anexo 25. Metabolicidad de la energía (EMA/EB, %)

Repetición	Iniciador	Finalizador	I80%-Q20%	F80%-Q20%
1	84.10	87.44	88.11	84.07
2	83.64	86.29	88.19	82.74
3	83.43	86.65	86.44	84.13

Anexo 26. ANAVA- Metabolicidad de la MS a las 5 semanas de edad

FV	gl	SC	CM	F calc	F0.05	F0.01
Tratamientos	1	0.858816667	0.85881667	17.9044475	5.14	10.32
Error	4	0.191866667	0.04796667			
Total	5	1.050683333				

CV (%) 0.27064808

Anexo 27. ANAVA - Metabolicidad de la PC a las 5 semanas de edad

FV	gl	SC	CM	F calc	F0.05	F0.01
Tratamientos	1	0.135	0.135	2.40071132	5.14	10.32
Error	4	0.224933333	0.05623333			
Total	5	0.359933333				

CV (%) 0.29927519

Anexo 28. ANAVA - Digestibilidad de EE a las 5 semanas de edad

FV	gl	SC	CM	F calc	F0.05	F0.01
Tratamientos	1	4.91415	4.91415	102.95007	5.14	10.32
Error	4	0.190933333	0.04773333			
Total	5	5.105083333				

CV (%) 0.26732418

Anexo 29. ANAVA - Digestibilidad de la FC a las 5 semanas de edad

FV	gl	SC	CM	F calc	F0.05	F0.01
Tratamientos	1	18.375	18.375	31.8135911	5.14	10.32
Error	4	2.310333333	0.57758333			
Total	5	20.68533333				

CV (%) 2.4147078

Anexo 30. ANAVA- Metabolicidad de ELN las 5 semanas de edad

FV	gl	SC	CM	F calc	F0.05	F0.01
Tratamientos	1	1.612016667	1.61201667	75.2692607	5.14	10.32
Error	4	0.085666667	0.02141667			
Total	5	1.697683333				

CV (%) 0.16715198

Anexo 31. ANAVA- EMA a las 5 semanas de edad

FV	gl	SC	CM	F calc	F0.05	F0.01
Tratamientos	1	12705.20167	12705.2017	21.6980172	5.14	10.32
Error	4	2342.186667	585.546667			
Total	5	15047.38833				

CV (%) 0.8586611

Anexo 32. ANAVA- Metabolicidad de la energía a las 5 semanas de edad

FV	gl	SC	CM	F calc	F0.05	F0.01
Tratamientos	1	22.31081667	22.3108167	40.7975436	5.14	10.32
Error	4	2.187466667	0.54686667			
Total	5	24.49828333				

CV (%) 0.86338581

Anexo 33. ANAVA- Metabolicidad de la MS a las 10 semanas de edad

FV	gl	SC	CM	F calc	F0.05	F0.01
Tratamientos	1	2.41935	2.41935	4.29089565	5.14	10.32
Error	4	2.255333333	0.56383333			
Total	5	4.674683333				

CV (%) 0.95059187

Anexo 34. ANAVA- Metabolicidad de la PC a las 10 semanas de edad

FV	gl	SC	CM	F calc	F0.05	F0.01
Tratamientos	1	7.481666667	7.48166667	8.91771624	5.14	10.32
Error	4	3.355866667	0.83896667			
Total	5	10.83753333				

CV (%) 1.23034553

Anexo 35. ANAVA- Digestibilidad de EE a las 10 semanas de edad

FV	gl	SC	CM	F calc	F0.05	F0.01
Tratamientos	1	138.6242667	138.624267	216.256884	5.14	10.32
Error	4	2.564066667	0.64101667			
Total	5	141.1883333				

CV (%) 1.02623606

Anexo 36. ANAVA- Digestibilidad de la FC a las 10 semanas de edad

FV	gl	SC	CM	F calc	F0.05	F0.01
Tratamientos	1	126.68415	126.68415	14.1464345	5.14	10.32
Error	4	35.8208	8.9552			
Total	5	162.50495				

CV (%) 18.0653427

Anexo 37. ANAVA- Metabolicidad de ELN las 10 semanas de edad

FV	gl	SC	CM	F calc	F0.05	F0.01
Tratamientos	1	10.53375	10.53375	79.4200804	5.14	10.32
Error	4	0.5305333333	0.13263333			
Total	5	11.06428333				

CV (%) 0.4143765

Anexo 38. ANAVA- EMA a las 10 semanas de edad

FV	gl	SC	CM	F calc	F0.05	F0.01
Tratamientos	1	18786.02145	18786.0215	31.2935834	5.14	10.32
Error	4	2401.261782	600.315446			
Total	5	21187.28323				

CV (%) 0.81880737

Anexo 39. ANAVA- Metabolicidad de la energía a las 10 semanas de edad

FV	gl	SC	CM	F calc	F0.05	F0.01
Tratamientos	1	14.85226667	14.8522667	30.8308885	5.14	10.32
Error	4	1.9269333333	0.48173333			
Total	5	16.7792				

CV (%) 0.81444511

Anexo 40. Prueba t de *Student* para la metabolicidad de MS a dos edades

	5 semanas	10 semanas
1	84.15	51.46
2	84.5	76.26
3	84.54	53.79
promedio	84.3966667	60.5033333
DS	0.2145538	13.6953143
DS x-y	2.40167382	
t calculado	9.94861712	
t tabular	2.776	
gl 0.05	4	
	$\mu_x \neq \mu_y$	

Anexo 41. Prueba t de *Student* para la metabolicidad de PC a dos edades

	5 semanas	10 semanas
1	80.33	61
2	80.71	66.96
3	80.76	61.6
promedio	80.6	63.1866667
DS	0.23515952	3.28154435
DS x-y	1.20759253	
t calculado	14.419875	
t tabular	2.776	

$$\mu_x \neq \mu_y$$

Anexo 42. Prueba t de *Student* para la digestibilidad de EE a dos edades

	5 semanas	10 semanas
1	89.63	27.95
2	89.96	57.29
3	90	28.39
promedio	89.86333333	37.8766667
DS	0.20305993	16.8138792
DS x-y	2.65639859	
t calculado	19.5703562	
t tabular	2.776	
gl 0.05	4	

$$\mu_x \neq \mu_y$$

Anexo 43. Prueba t de *Student* para la digestibilidad de FC a dos edades

	5 semanas	10 semanas
1	34.39	29.54
2	32.97	29.8
3	32.31	29.83
promedio	33.22333333	29.72333333
DS	1.06288914	0.15947832
DS x-y	0.71195642	
t calculado	4.91603125	
t tabular	2.776	
gl 0.05	4	

$$\mu_x \neq \mu_y$$

Anexo 44. Prueba t de *Student* para la metabolicidad de ELN a dos edades

	5 semanas	10 semanas
1	92.05	98.24
2	92.27	92.31
3	92.3	98.37
promedio	92.20666667	96.30666667
DS	0.13650397	3.46182514
DS x-y	1.22152669	
t calculado	-3.35645552	
t tabular	2.776	
gl 0.05	4	

$$\mu_x \neq \mu_y$$

Anexo 45. Prueba t de *Student* para la EMA a dos edades

	5 semanas	10 semanas
1	3269.2	2472.2
2	3342.5	2399.3
3	3085.3	2594.6
promedio	3232.33333	2488.7
DS	132.50405	98.6899691
DS x-y	9.79131036	
t		
calculado	75.9482956	
t tabular	2.776	
gl 0.05	4	

$$\mu_x \neq \mu_y$$

Anexo 46. Prueba t de *Student* para la EMA/EB a dos edades

	5 semanas	10 semanas
1	93.33	70.58
2	95.42	68.5
3	88.08	74.07
promedio	92.2766667	71.05
DS	3.78167071	2.814587
DS x-y	1.65386984	
t		
calculado	12.8345449	
t tabular	2.776	
gl 0.05	4	

$$\mu_x \neq \mu_y$$