

EVALUACIÓN DEL EFECTO NUTRICIONAL DE QUINUA (*Chenopodium quinoa willdenow*) CON DIFERENTES NIVELES DE INCLUSIÓN EN DIETAS PARA POLLOS DE ENGORDE

NUTRITIONAL EFFECT EVALUATION OF QUINOA (*Chenopodium quinoa willdenow*)) WITH DIFFERENT LEVELS OF INCLUSION IN DIETS FOR BROILER CHICKENS

MARI L. MOSQUERA¹, SANDRA PORTILLA², FREDY J. LOPEZ²

PALABRAS CLAVE:

Quinoa, pollo de engorde, dietas no convencionales, presupuesto parcial.

KEYWORDS:

Quinoa, chicken broiler, unconventional diets, partial budget.

RESUMEN

Se utilizaron 128 pollos machos Ross 308, de un día de edad para evaluar el efecto de distintos niveles de inclusión de quinua, implementando un diseño completamente al azar, con cuatro tratamientos (T0 concentrado comercial; T1 5% de quinua; T2 15% de quinua y T3 con 25% de quinua), cuatro repeticiones por tratamiento y 8 aves por repetición, con el fin de determinar el comportamiento entre las variables consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia, eficiencia alimenticia y rendimiento en canal, en las etapas de iniciación y finalización. A los datos de las variables obtenidas se aplicó un análisis de varianza y prueba de comparación múltiple Duncan. Se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) para las variables de consumo de alimento, conversión alimenticia y eficiencia alimenticia en la etapa de iniciación; e igualmente, se observaron diferencias significativas para los indicadores de conversión alimenticia, eficiencia alimenticia y rendimiento en canal, en la etapa de finalización; por otro lado, no se observaron diferencias para la variable ganancia de peso en las dos etapas productivas. Desde el punto de vista económico, el tratamiento con 5% de inclusión de quinua representa la mayor rentabilidad siendo un 116% superior al tratamiento control, obteniendo rendimientos productivos similares a los obtenidos con un concentrado comercial a un mas bajo costo. En términos generales, la quinua aporta un nivel importante de nutrientes que permite generar un comportamiento productivo aceptable en pollos de engorde.

Recibido para evaluación: Febrero 5 de 2009. Aprobado para publicación 5 de Junio de 2009.

1,2 Ingenieras Agropecuarias, Universidad del Cauca, mmm8313@hotmail; sammyportill@yahoo.es
3 MVZ, Msc. Profesor asociado Universidad del Cauca, fjlopez@unicauca.edu.co

Correspondencia: Fredy J. López. E_mail.: fjlopez@unicauca.edu.co

ABSTRACT

128 male chickens Ross 308 were used, of a day of age to evaluate the effect of different levels of inclusion from quinoa, for which a design completely at random was implemented, with four treatments (T0 commercial concentrate; T1 5% of quinoa; T2 15% of quinoa and T3 with 25% of quinoa), four repetitions by treatment and 8 birds by

repetition, with the purpose to determine the behavior between variable food intake, weight gain, feed conversion, nutritional efficiency, and yields carcass, in the stages of initiation and conclusion. The results were put under an analysis of variance and a test of multiple comparison Duncan. Significant differences ($p < 0.05$) for the variables of food intake, feed conversion and nutritional efficiency at the initiation stage were observed; and also, significant differences for the indicators of feed conversion, nutritional efficiency and yields carcass, in the stage of conclusion were observed; on the other hand, differences for the variable weight gain in the two productive stages were not observed. From the economic point of view, the treatment with 5% of inclusion of quinoa represents the greater yield being a 116% superior to the treatment control, obtaining productive yields similar to the obtained ones with a commercial concentrated but a lower cost. In general terms, quinoa contributes an important level of nutrients that allows to generate an acceptable productive behavior in broiler chickens.

INTRODUCCIÓN

Actualmente la explotación avícola está limitada principalmente por la disponibilidad y el elevado costo de las materias primas convencionales, necesarias para la elaboración de los balanceados que hace que los beneficios económicos para el avicultor sean bajos o poco rentables, lo cual ha traído como resultado una dependencia externa de estas materias primas bajando la competitividad de esta actividad, considerando que son el 73% de los costos de producción [1].

El alimento balanceado tiene el mayor peso en la estructura de costos de la industria avícola. Si bien los otros insumos también impactan la canasta de costos, son más estables en su variación de precios y por tanto más previsibles. En el caso del alimento, la situación es diferente en tanto está supeditado a lo que acontezca en el mercado de granos en la Bolsa de Chicago, el mercado de fletes, así como los aranceles y el mercado cambiario, variables de gran volatilidad y con impacto favorable o positivo, dependiendo de su evolución [2].

Por tal motivo, la necesidad de investigar sobre nuevas fuentes alimenticias que sean económicas, de alta calidad y disponibles en nuestro medio, como el caso de la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), puede ser

una alternativa viable en la sustitución parcial en la dieta para aves, al ser incluida como materia prima no convencional, por sus excelentes posibilidades de adaptación a nuestro medio y por poseer una proteína de alto valor biológico debido a su elevado contenido de Lisina y su balance de aminoácidos esenciales, la cual la hace comparable con otras materias primas utilizadas en las dietas para balanceados de alta calidad.

El propósito de este trabajo fue evaluar la quinua (variedad dulce, sin desaponificar), en tres niveles de inclusión 5%, 15% y 25% como materia prima no convencional en la alimentación de aves comerciales; tomando como variables de respuesta el consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia, eficiencia alimenticia y rendimiento en canal.

METODOLOGÍA

Localización

El trabajo experimental se llevó a cabo en la Vereda Cajete ubicada al sur occidente del Municipio de Popayán en el Departamento del Cauca, cuyas coordenadas geográficas son 765.730 mN y 1045.150 mE [3]; en

un área de clima subtropical húmedo con temperaturas promedios de 19° C y una humedad ambiental de 80%, a una altura de 1737 m.s.n.m. [4].

Materiales

- 128 Pollos machos de 1 día de edad de la línea Ross * ross.
- Semilla de quinua secada al sol, sin desaponificar.

Procedimiento

Dietas experimentales: las dietas con diferentes niveles de inclusión de quinua (5%, 15% y 25%) se elaboraron en la planta ubicada en el municipio de Timbío, Departamento del Cauca.

El concentrado fue elaborado de acuerdo a los balances y requerimientos para cada tratamiento y cada fase de cría, con las materias primas previamente establecidas para la investigación, mediante la utilización del programa plezootec, v 2.0 (Quispe 2001) el cual permite efectuar mezclas de alimentos a través del método prueba y error, teniendo en cuenta la composición nutricional de las materias primas, sus límites de inclusión, y los requerimientos nutricionales de los pollos, reportados en la literatura.

Como dieta testigo se utilizó un concentrado comercial.

Al finalizar la investigación, todas las dietas se sometieron a un análisis proximal obteniendo los siguientes resultados: ver Cuadro 1 y 2

En base a estos resultados se calculó el aporte de las dietas en cuanto a energía metabolizable (Mcal/Kg.) utilizando el método de ecuaciones donde la energía se calcula a partir de los nutrientes digestibles totales (NDT) utilizando la siguiente fórmula: [5].

$$\text{NDT}\% = 54.572 + 6.7 * 92 * (\text{FC}) - 51.083 * (\text{EE}) + 1.851 * (\text{ELN}) - 0.334 * (\text{PC}) - 0.049 * (\text{FC}) * 2 - 0.086 * (\text{FC}) * (\text{ELN}) + 0.687 * (\text{EE}) * (\text{ELN}) + 0.942 * (\text{EE}) * (\text{PC}) - 0.112 * (\text{EE}) * 2 * (\text{PC}). \quad \text{Ec. (1)}$$

Donde

FC: fibra cruda.
EE: extracto etéreo (grasa).
ELN: extracto libre de
PC: proteína cruda.

A partir de NDT se calcula la energía digestible (ED) empleando la siguiente fórmula:

$$\text{ED (Mcal/Kg.)} = \% \text{NDT} * 0.0449 \quad \text{Ec. (2)}$$

$$\text{Así, la energía metabolizable (Mcal. / Kg.)} = \text{ED} * 0.82 \quad \text{Ec. (3)}$$

Adecuación del galpón

Se adecuó un galpón, con 16 divisiones de 1m² cada una; se realizó la desinfección de este al igual que todos

Cuadro 1. Etapa de iniciación: gr. / 100gr de muestra

PARÁMETRO	T0	T1	T2	T3
Materia seca	88.25	87.75	87.57	87.48
Cenizas	5.08	5.96	6.98	6.43
Grasa	1.98	2.09	2.98	3.21
Proteína	13.06	17.09	16.75	19.26
Fibra	1.59	1.32	1.49	1.35
Carbohidratos totales	68.12	62.61	60.86	58.58
Energía Metabolizable	4,04	3,71	3,83	3,8

Cuadro 2. Etapa de finalización: gr. / 100gr de muestra

PARÁMETRO	T0	T1	T2	T3
Materia seca	88.28	87.60	87.51	87.43
Cenizas	7.37	5.94	6.79	6.44
Grasa	3.71	4.03	4.94	4.88
Proteína	14.53	13.54	15.72	15.75
Fibra	1.38	1.42	6.22	0.63
Carbohidratos totales	62.67	64.01	60.06	60.36
Energía Metabolizable	4,11	4,47	3,59	4,51

los equipos con 15 días de anticipación, para recibir a los pollitos en condiciones higiénicas; al mismo tiempo se instaló adecuadamente elementos de calefacción, un comedero y un bebedero en cada división.

Teniendo listo el galpón y las dietas experimentales, se recibió los pollitos machos de un día. Al momento de la recepción de las aves se revisó la conformación física de los mismos en los siguientes aspectos: patas, ojos, iris, cloaca, ombligo, plumón y vivacidad.

Se pesaron todos los pollitos antes de ubicarlos en cada división del galpón, se suministró agua limpia y el concentrado requerido de acuerdo a cada tratamiento.

En los días posteriores se procedió a suministrar el concentrado de acuerdo a la tabla de consumo semanal propuesta en el manual de manejo del pollo de engorde [6].

Labores rutinarias

Se revisó diariamente las condiciones del galpón, para brindar confort a las aves. Durante el desarrollo de la investigación se proporcionó el alimento tres veces al día (7 a.m., 12m y 5 p.m.); y al día siguiente antes de la primera ración (6:30 a.m.), una recolección y pesaje del alimento sobrante.

La fase experimental se realizó durante 42 días:

- iniciación: semana 1 hasta semana 4.
- finalización: semana 4 hasta sacrificio (semana 6).

Llevando registros durante la investigación desde el primer día y en forma semanal se obtuvieron datos de peso corporal, consumo de alimento, mortalidad, y alimento sobrante; para determinar conversión alimenticia y ganancia de peso se realizó un pesaje del animal cada 7 días en horas de la mañana estando el animal en ayunas; para determinar rendimiento en canal se sacrificaron los pollos al final del periodo experimental, pesando el animal en pie y en canal luego de retirarse patas, plumas, sangre, vísceras y cabeza.

Diseño Experimental

Se empleó un diseño completamente al azar, con cuatro tratamientos, cuatro repeticiones por tratamiento y 8 aves por repetición; la unidad experimental constó de ocho pollitos de un día. Los tratamientos se distribuyeron al azar. Los pollitos se ubicaron en forma aleatoria en las 16 divisiones colocando 8 animales por división.

Los tratamientos fueron:

- T₀: Concentrado comercial.
- T₁: Ración con un 5% de inclusión de quinua.
- T₂: Ración con un 15% de inclusión de quinua.
- T₃: Ración con un 25% de inclusión de quinua.

A los datos de las variables obtenidas se aplicó un análisis de varianza y prueba de comparación múltiple Duncan, mediante el paquete estadístico SAS; 2002.

Variables de Respuesta

- Consumo de alimento/ día: alimento suministrado - alimento sobrante.
- Ganancia de peso: peso final – peso inicial.
- Conversión alimenticia: gramos de alimento consumido / gramos de peso ganado.
- Eficiencia alimenticia: (1/conversión alimenticia) * 100.
- Rendimiento en canal: (peso en canal / peso en pie) *100.
- Mortalidad: (número de animales muertos/ número total de animales) *100.

Análisis Económico

Para esta variable se tuvo en cuenta los siguientes conceptos:

- Costos variables: Para cada tratamiento (control y quinua), el precio del Kg. de la dieta por la cantidad consumida [7].
- Beneficio bruto de campo: equivale al kilogramo

de carne producida durante el experimento, multiplicado por el precio promedio del Kg. de carne, al momento del análisis [7].

- Beneficio neto de campo o balance final (relación costo/beneficio): se constituye en la diferencia entre el valor del beneficio bruto de campo y el valor de los costos variables [7]. Para determinar el costo/beneficio se tiene en cuenta el valor del incremento de peso (Kg. ganados x precio de venta puede ser en pie o en canal) y los costos del alimento consumido para cada tratamiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Consumo de Alimento

Etapa iniciación

Con relación a la variable consumo de alimento para la etapa de iniciación, se encontraron diferencias ($P < 0.05$) entre el tratamiento control y las dietas experimentales con quinua, en la gráfica 1, se puede apreciar que el menor consumo de alimento lo registró el tratamiento T0. Los tratamientos T1, T2 y T3 no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre ellos.

Una posible causa del menor consumo de alimento presentado en T0 con respecto a los demás tratamientos se debe a que su nivel de energía es mayor, encontrándose niveles de 4,04; 3,71; 3,83; 3,80 Mcal. de energía Metabolizable para T0, T1, T2 y T3 respectivamente;

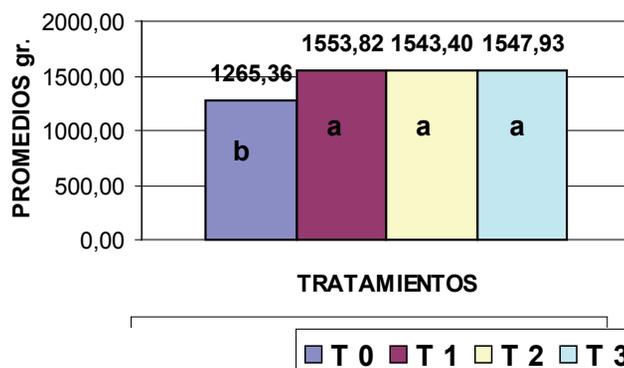
dando como resultado un menor consumo de alimento ya que el nivel de ingesta se lleva a cabo básicamente a través de su contenido energético, de forma que a mayor contenido energético del concentrado, menor es la ingesta y viceversa [8], (el animal consume hasta llenar los requerimientos de energía).

La relación alta caloría-proteína puede disminuir el consumo y costo del alimento pero también puede dar lugar a un consumo muy bajo de aminoácidos esenciales (desbalance) y a una mayor deposición de grasa en el abdomen; mientras que una relación baja de caloría-proteína disminuye la cantidad de grasa abdominal dando generalmente lugar a dietas más costosas [9].

En estudios descritos por Lesson donde se evaluaron dietas con diferentes niveles de energía, se observó que las aves ajustan con precisión aceptable su consumo, ingiriendo una cantidad constante de energía; los niveles de energía en las dietas variaron entre 2700-3300 Kcal./Kg. y los consumos de alimento a los 49 días fueron de 3927 gr./ave y 3003 gr./ave respectivamente, corroborando que a medida que aumenta el nivel de energía, disminuye el consumo de alimento [10].

En lo descrito por Pontes y Castelló (1995) [8] para comprender de qué modo se correlacionan la energía de la dieta y la ingesta, se evaluaron cinco dietas con contenidos diferentes de energía obteniendo como resultado el menor consumo de alimento en la dieta con el más alto contenido energético (3,3 Mcal.).

Gráfica 1. Consumo de alimento etapa iniciación



Por otra parte, estudios realizados por Muñoz y Noguera (1980) [11] donde se utilizó quinua amarga lavada, los resultados en cuanto a consumo en esta etapa productiva reportaron consumos de 1105.75 gr.; 1025.98 gr.; 1016.21 gr.; 726.39 gr.; con 0%; 10%; 20% y 30%; de inclusión de quinua respectivamente; estos resultados son menores a los obtenidos en este ensayo debido al alto contenido de saponinas que posee la quinua amarga y al deficiente método de desaponificación utilizado en ese ensayo, ya que estas dan sabor amargo y tienden a formar jabones estables en solución acuosa, en aves, se ha observado un efecto negativo de las saponinas sobre el consumo de pienso [12].

El consumo de alimento se puede ver influenciado sustancialmente por muchos factores incluyendo el manejo de la parvada, la calidad del alimento, el estado de salud y las condiciones climáticas [13].

Relacionado a este último factor las aves son homeotérmicas, lo cual significa que deben mantener una temperatura interna constante contra una temperatura ambiental o del entorno, la cual puede variar. Dentro del rango, la temperatura óptima para el desempeño general (la combinación del consumo de alimento y la conversión de alimento) es de alrededor de 20° C [14].

Para la meseta de Popayán se han registrado consumos de alimento de 1600 gr. / ave en promedio [15] para esta etapa de producción; al comparar este dato con los obtenidos durante este ensayo, se nota que los consumos son similares en los tratamientos con quinua,

mostrando un comportamiento normal de las aves en las condiciones climáticas en las que se desarrolló el ensayo.

Etapa de finalización

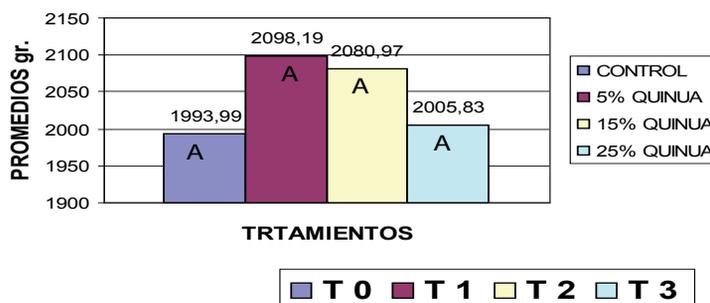
Para la etapa de finalización los resultados en cuanto a esta variable, no presentaron diferencias estadísticas ($P > 0.05$) entre tratamientos, tal como se observa en la gráfica 2, donde se denotan los valores alcanzados y su significancia estadística.

Estos resultados se obtienen debido posiblemente a un desbalance energía-proteína similar entre los tratamientos, ya que siendo diferentes los niveles de energía y consumo en los tratamientos, estadísticamente no se observan estas diferencias.

Estos resultados son mayores a los obtenidos por Muñoz y Noguera [11] quienes obtuvieron consumos de 1127,71 gr., 1105,33 gr., 978 gr., 822,96 gr. con 0% 10% 20% y 30% de inclusión de quinua respectivamente para esta etapa productiva; Muñoz y Noguera atribuyeron estos resultados al sabor amargo desagradable de las saponinas presentes en la dieta.

Por otra parte, al comparar los consumos de concentrado comercial registrados para la región 2250 gr. / ave en promedio [15] con los promedios obtenidos en esta investigación (2044,75 gr.), se observa un consumo menor (205,26 gr.) de todas las dietas con respecto a este dato.

Gráfica 2. Consumo de alimento etapa finalización



Ganancia de Peso

Etapa iniciación

En cuanto a la ganancia de peso en esta etapa productiva evaluada, no se encontraron diferencias estadísticas ($P > 0.05$), (gráficas 3).

A pesar del bajo consumo de las aves reportado anteriormente para esta etapa en el T0, la ganancia de peso fue estadísticamente igual, debido posiblemente a que la proporción de aminoácidos disponibles para las aves fue similar en todas las dietas; sin embargo, cabe recalcar que el balance de proteína en concentrados a nivel industrial, se hace de acuerdo al requerimiento de aminoácidos por parte del ave para obtener una máxima producción de carne, hasta el punto que eventualmente se acondiciona el requerimiento con el uso de aminoácidos sintéticos disponibles en el mercado; se cree que en esta evaluación, aunque el consumo de T0 fue el más bajo, en esta cantidad de alimento se suministraron niveles similares de aminoácidos que en las dietas con quinua.

Como afirman Pontes y Castelló [8], cada nivel de energía de una ración se debe corresponder con unos niveles determinados de nutrientes, y que la productividad de las aves (velocidad de crecimiento) depende de la ingesta diaria de diversos nutrientes, y esta depende del nivel energético de la dieta; lo que hace presumir que las aves asimilaban cantidades equivalentes de nutrientes.

El bajo porcentaje de proteína cruda reportado por el análisis bromatológico para el T0 (13.06%), no influyó

en la ganancia de peso ya que los pollos de engorde no tienen unos requerimientos en proteína bruta per. se, si no que las necesidades en proteína dependen de la composición en aminoácidos de la misma [8].

De igual forma, estudios realizados por Muñoz y Noguera [11] para esta variable en etapa iniciación reportaron ganancias de peso de 728.69 gr., 723.91 gr., 614.17 gr. y 384.12gr., con 0, 10, 20 y 30% de nivel de inclusión de quinua respectivamente, siendo estos resultados menores a los encontrados en esta evaluación.

Por último, los datos para la meseta de Popayán reportan ganancias de peso de 1050-1120 gr. [15]; en comparación con los datos obtenidos en esta investigación se observa un bajo crecimiento de las aves.

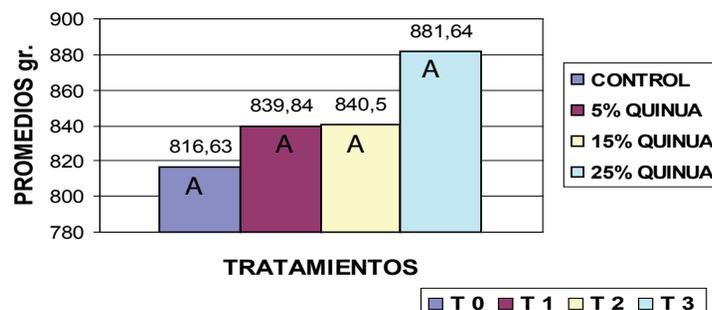
Etapa finalización

Para la etapa de finalización, la variable ganancia de peso no reportó diferencias estadísticas ($P > 0.05$); (gráfica 4).

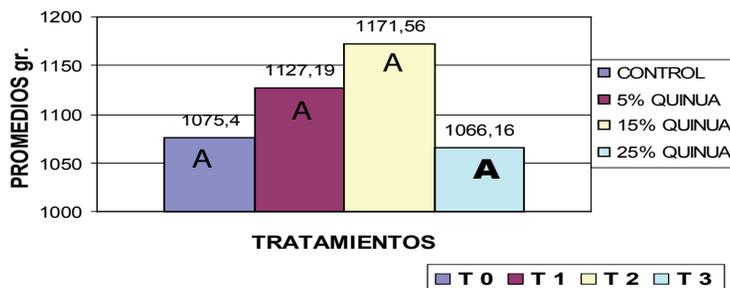
Las ganancias de peso fueron similares en esta etapa productiva, debido posiblemente a que los nutrientes aportados por las dietas se encontraron disponibles en similar cantidad, al ser los consumos de alimento para esta etapa estadísticamente iguales (gráfica 2).

En otros estudios, Muñoz y Noguera [11] reportan ganancias de peso de 523.46, 537.75, 456.34 y 292.21 gr. con diferentes niveles de inclusión de quinua, estos resultados son visiblemente menores a los datos de la región y a los obtenidos en esta investigación; sin

Gráfica 3. Ganancia de peso etapa iniciación



Gráfica 4. Ganancia de peso etapa finalización



embargo ellos lo atribuyen a los bajos consumos de alimento dado los altos niveles de saponina en las dietas.

Los datos en una explotación avícola comercial para esta variable en la meseta de Popayán reportan ganancias de peso promedio de 950gr./ave [15]; comparando estos resultados con los obtenidos en la investigación se observan mejores resultados en esta última. Aunque en la etapa iniciación se obtuvieron ganancias de peso bajas, al final de la producción se alcanzó el peso requerido por el mercado; según lo descrito por Lesson, este efecto es conocido como crecimiento compensatorio.

Teniendo en cuenta que a medida que el ave crece una mayor proporción de nutrientes es utilizada para mantenimiento, siendo cada vez menor la proporción para crecimiento, de esta manera, el efecto se presenta por que el ave tendrá que mantener una menor masa corporal, de manera que requerirá menor cantidad de nutrientes para mantenimiento [10], por lo tanto los nutrientes son utilizados para crecimiento.

Conversión Alimenticia

Etapa iniciación

Los resultados obtenidos muestran que existe diferencia significativa ($P < 0.05$) entre el tratamiento control y las dietas con diferentes niveles de inclusión de quinua; al realizarse la prueba del Test de Duncan como muestra en la gráfica 5, se observa que los tratamientos T1, T2 y T3 estadísticamente son iguales y donde el tratamiento control tuvo la mejor conversión alimenticia (1.47).

Teniendo en cuenta que la conversión alimenticia es la relación entre consumo y ganancia de peso, la mejor conversión se presentó en el T0, ya que se registró en esta etapa un bajo consumo de alimento por parte de las aves debido a su alto contenido energético, y por otro lado las ganancias de peso entre tratamientos fueron estadísticamente iguales.

Las proteínas son el material de construcción de los músculos y los tejidos del cuerpo [16]; como se mencionó anteriormente más importante que la proteína es su perfil de aminoácidos, de acuerdo con esto, la mejor conversión en el T0 con respecto a los tratamientos con quinua, se debe posiblemente a un adecuado balance de aminoácidos disponibles para las aves.

Estos resultados son mayores a los obtenidos por Muñoz y Noguera [11], quienes utilizaron quinua amarga lavada encontrando conversiones de 1.52, 1.29, 1.65 y 1.89 con diferentes niveles de inclusión de quinua para esta etapa.

En cuanto a la meseta de Popayán se han reportado datos para conversión alimenticia en esta etapa productiva de 1.42 en promedio [15], siendo el valor de conversión del T0 (1.47) en este ensayo el más cercano a este; ya que como se mencionó anteriormente los concentrados comerciales son balanceados de acuerdo a los requerimientos en aminoácidos de las aves. Los resultados estadísticamente iguales obtenidos entre tratamientos con quinua en esta investigación son mayores a los reportados para la meseta de Popayán; ya que el balance de las raciones se efectuó en términos de proteína cruda y no de aminoácidos, específicamente en lo relacionado a aminoácidos limitantes;

como se muestra en el balance alimenticio para pollos de engorde el aporte de metionina+cistina por parte de las dietas con contenidos de quinua es inferior a los requerimientos de las aves, de esta manera como lo explican Pontes y Castelló (1995), se produce lo que se conoce como ley del mínimo, en el sentido de que la limitación primera que aparece en el aporte de cualquiera de los aminoácidos esenciales determina el nivel nutricional de la ración. El crecimiento y desarrollo de las aves queda disminuido cuando el contenido de un aminoácido limitante es inferior al que marcan los requerimientos. El nivel de dicha limitación dependerá del grado de incumplimiento de los requerimientos, independiente- mente de cual sea el aminoácido que la determina [8].

Etapa finalización

Respecto a la conversión alimenticia, en esta fase no se encontró diferencia estadística entre tratamientos ($P > 0.05$) (gráfica 6).

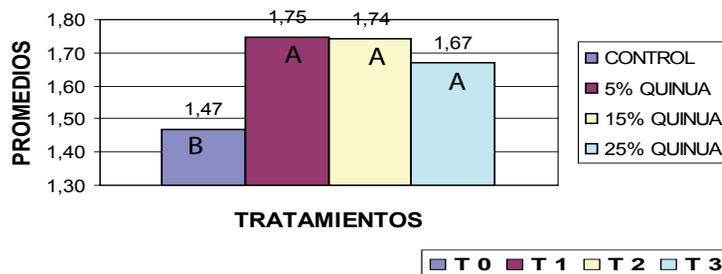
Estos resultados se atribuyen a la similar proporción de consumo de alimento que presentaron las aves en todos los tratamientos en esta etapa productiva y al incremento de peso también similar en cada uno de ellos.

Por otra parte, la similitud entre tratamientos para esta variable se atribuye posiblemente a un balance proteína - energía similar entre tratamientos, de acuerdo con lo expuesto por González (2001), la relación entre el contenido energético y el proteico del alimento, es de gran importancia, por que determina el índice de conversión alimentaria, de tal manera que al aumentar el porcentaje de proteína y el contenido de energía de la fórmula se mejora la conversión; o sea se requiere menor cantidad de alimento por cada unidad de peso aumentado [17].

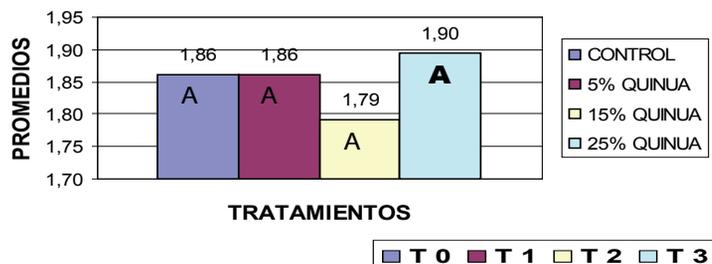
Los resultados acumulados para esta variable a la sexta semana, reportados por Muñoz y Noguera [11], muestran datos similares a los obtenidos en esta investigación; donde la conversión fue 1.78, 1.69, 1.86 y 2.29; con 0, 10, 20 y 30% de inclusión de quinua, aun cuando los niveles de inclusión fueron un poco mayores y el tipo de quinua utilizado diferente ya que evaluaron quinua amarga y por tanto obtuvieron problemas relacionados con factores antinutricionales como la saponina, que afecta su consumo de alimento.

Finalmente al comparar el resultado promedio de esta investigación (1.85) con el dato promedio para clima medio (1.88) [15], se observa su semejanza, mostran-

Gráfica 5. Conversión Alimenticia etapa iniciación



Gráfica 6. Conversión Alimenticia etapa finalización



do un aporte y disponibilidad de nutrientes similares entre tratamientos y un desarrollo de las aves adecuado para la región.

Eficiencia Alimenticia

Etapa iniciación

En eficiencia alimenticia se encontró diferencia significativa ($P > 0.05$) entre tratamientos en la fase evaluada, según lo reportado por el Test de Duncan, como se aprecia en la gráfica 7; la eficiencia alimenticia fue mejor en el T0 (68.35) y los tratamientos con quinua fueron estadísticamente iguales.

En relación al comportamiento productivo de las aves en cuanto a consumo, ganancia de peso y conversión alimenticia, se observa que las aves del Tratamiento 0 muestran un valor más aceptable, pues aprovecharon mejor el alimento, ya que requirieron consumir una menor cantidad por Kg. de peso logrado respecto a los Tratamientos 1, 2 y 3; esto se debe al alto nivel de energía presente en este tratamiento afectando de esta

manera el consumo de alimento, por otro lado el perfil de aminoácidos que presentó este tratamiento fue el más adecuado y se expresó en la variable conversión alimenticia.

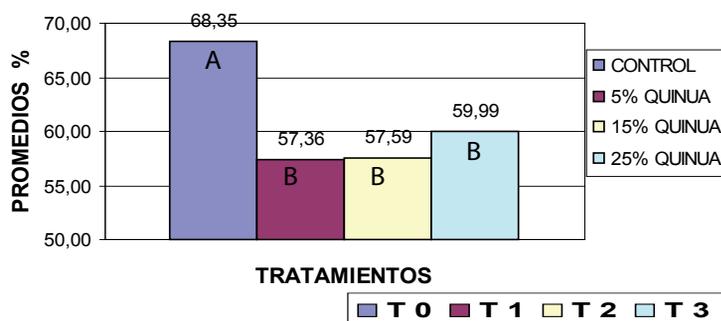
En cuanto a los tratamientos con quinua no se presentaron diferencias estadísticas debido a los consumos similares de alimento y ganancias de peso similares entre ellos.

Para la meseta de Popayán se tienen datos de eficiencia alimenticia de 70.42% [15] en esta etapa productiva, resultados similares se obtuvieron con el tratamiento control, ya que los concentrados comerciales se balancean de acuerdo al perfil de aminoácidos requerido por las aves, obteniendo de esta manera rendimientos adecuados.

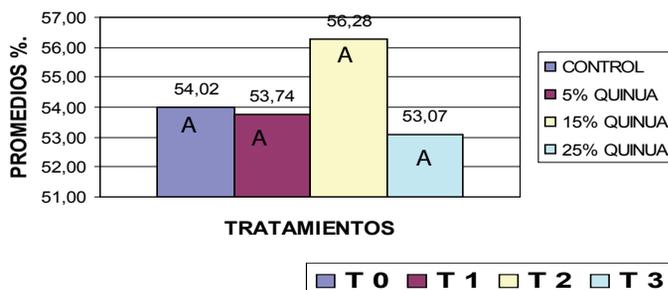
Etapa finalización

Para esta variable, en la etapa de finalización, no se presentaron diferencias estadísticamente significativas ($P > 0.05$), (gráfica 8).

Gráfica 7. Eficiencia alimenticia. Etapa iniciación



Gráfica 8. Eficiencia alimenticia. Etapa finalización



La eficiencia alimenticia en la etapa de finalización mostró un comportamiento estadísticamente igual entre los tratamientos al momento de convertir el alimento suministrado en carne, ya que se presentó un consumo estadísticamente igual para obtener un Kg. de peso corporal.

Teniendo en cuenta que a medida que el ave crece, una mayor proporción de nutrientes es utilizada para mantenimiento, siendo cada vez menor la proporción usada para crecimiento; la mejora en la eficiencia alimenticia en esta etapa se puede explicar debido a la manifestación del efecto de crecimiento compensatorio, basándose en lo afirmado por Lesson: si el crecimiento del ave puede reducirse tempranamente y si a continuación se presenta un crecimiento compensatorio (de manera que se logre obtener el mismo peso del mercado para la edad), deberán entonces disminuirse los requerimientos de mantenimiento, lo cual implica un aumento en la eficiencia alimenticia [10]. Especificando lo anterior, los requerimientos de mantenimiento fueron menores ya que por su bajo peso (gráfica 3) el ave tiene que mantener una menor masa corporal, de manera que requerirá menor cantidad de nutrientes para tal fin.

La reducción en los requerimientos de mantenimiento, alcanzando el peso corporal deseado, implica que una mayor cantidad de alimento está siendo destinada para crecimiento, lo cual mejora la eficiencia alimenticia [10].

En una explotación avícola ubicada en la meseta de Popayán se obtuvieron datos de eficiencia alimenticia

de 53.19% [15] el cual es similar a los obtenidos en esta investigación, demostrando que no existe duda que el pollo de engorde puede lograr un desempeño adecuado con dietas de iniciación bajas en proteína y que posiblemente presentará posteriormente un crecimiento compensatorio [10].

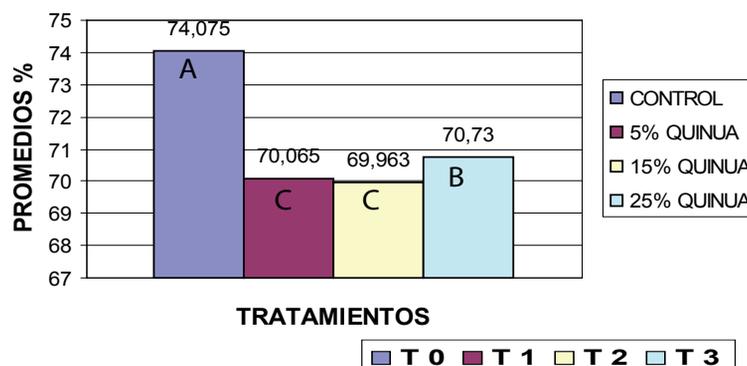
Rendimiento en Canal

El rendimiento en canal de los tratamientos presentó diferencias significativas ($P < 0.05$); al realizarse la prueba del Test de Duncan, como se puede ver en la gráfica 9, el mejor rendimiento en canal lo presentaron las aves del tratamiento 0 con 74.075%, siendo T1, T2 y T3 estadísticamente iguales.

El mejor rendimiento en canal lo presentaron las aves del T0 con respecto a las aves de los tratamientos con quinua, debido posiblemente al desbalance energía – proteína reportada por los análisis bromatológicos, donde el contenido de energía del concentrado es mayor en el tratamiento control, ya que si el ave consume un exceso de energía con relación a la proteína, acumulará mas grasa y se observa la respuesta clásica de aumento en el porcentaje de grasa de la canal y por tanto mayor rendimiento en la misma [18].

Los menores rendimientos en canal de los tratamientos T1, T2 y T3 con respecto al T0, se debe posiblemente a que la ración de los últimos tuvo un mayor contenido de fibra, dando lugar al cabo de un tiempo a un mayor desarrollo del aparato digestivo [8] y por lo tanto un menor rendimiento en canal.

Gráfica 9. Rendimiento en canal



Mortalidad

La mortalidad total durante la fase experimental fue de 18 aves equivalente a 14.06%; donde en el T0 se presentó la mayor mortalidad con 10.94 % (14 aves), y T1, T2 y T3 con 1,56%, 0% y 1,56% (2, 0 y 2 aves) respectivamente.

Basándose en un diagnóstico presuntivo el mayor porcentaje de mortalidad en el T0 se atribuye posiblemente a la presencia del síndrome ascítico, y el porcentaje restante (3.12%) a muertes dentro del rango normal de mortalidad en una explotación avícola.

Cabe resaltar que esta presunción se expone, por la coincidencia de los signos vistos en esta investigación (acumulación de fluido amarillento en la cavidad abdominal, agrandamiento de corazón e hígado, plumas erizadas) y que en ningún momento se efectuaron pruebas diagnósticas de laboratorio que confirmaran este argumento.

Existen muchas causas de ascitis, pero en pollo de engorde moderno la más frecuente es la hipertrofia y falla ventricular derecha, la cual ocurre como resultado del elevado requerimiento de oxígeno en el ave.

Debido a su relación con la demanda de oxígeno, la incidencia de ascitis se ve afectada por factores tales como el ritmo de crecimiento, la altitud (hipoxia) y la temperatura ambiental. Las aves mantenidas a altitudes elevadas son generalmente expuestas a temperaturas bajas durante la noche, lo cual tiene un efecto sinérgico sobre la incidencia de hipertensión pulmonar y síndrome ascítico; características que se presentan en el sitio de evaluación y por lo tanto las unidades experimentales estaban expuestas a la manifestación de este síndrome; registrándose una mayor incidencia de esta en el tratamiento control; ya que la manifestación de ascitis es mayor cuando se utilizan dietas altas en energía, especialmente cuando están peletizadas [10]; como es el caso del tratamiento control.

La ascitis se caracteriza por la acumulación de fluido

en la cavidad toraco-abdominal; este fluido proviene del plasma sanguíneo que se escapa a través de la cápsula del hígado y se acumula en los espacios hepato-peritoneales ventrales ocasionando distensión abdominal [10], a menudo las aves afectadas son mas pequeñas de lo normal e indiferentes, con las plumas erizadas y rehúsan moverse; las lesiones macroscópicas comprenden agrandamiento de las cavidades cardíacas derechas y cambios variables del hígado [19], estas características se observaron en las aves afectadas al realizar una disección post mortem.

Análisis económico

Costos variables

Los costos variables de las dietas son el resultado del precio del kilogramo de la dieta (experimental; comercial) por el consumo de alimento en cada etapa del proceso de investigación (ver Cuadro 3).

La interpretación en porcentaje permite identificar las diferencias entre el tratamiento control y los demás tratamientos en cuanto a costos de alimentación, estos valores se obtienen tomando el costo del tratamiento control como el 100% (ver Cuadro 4), en base a éste se obtiene el porcentaje de costo de alimentación de los tratamientos con quinua; teniendo en cuenta el porcentaje de costo de alimentación, se obtiene el valor que indica una reducción o aumento del costo de alimentación de los demás tratamientos con respecto al tratamiento control.

Cuadro 3. Costos variables

ALIMENTO	VR UNITARIO. \$ / Kg.	CONSUMO Kg.	TOTAL / TRATAMIENTO \$
INICIACIÓN			
T 0	1050	33,21	34.869,98
T 1	815,78	49,7223	40.562,21
T 2	841,60	46,93	39.497,72
T 3	867,40	47,72	41.394,24
FINALIZA- CIÓN			
T 0	950	37,50	35.627,85
T 1	840,875	67,14	56.458,03
T 2	866,7	62,45	54.128,88
T 3	892,5	60,33	53.846,31

Cuadro 4. Interpretación en porcentaje

TRATAMIENTOS	TOTAL COSTO	%	AUMENTO COSTO ALIMENTACIÓN
T 0	70.497,83	100%	0%
T 1	97.020,24	138%	38%
T 2	93.626,60	133%	33%
T 3	95.240,55	135%	35%

El costo de alimentación con un 5% de inclusión de quinua es un 38% mayor que el del tratamiento control y con la inclusión de 15% y 25% de quinua se observó un aumento del 33% y 35% respectivamente con relación al tratamiento control.

El porcentaje de aumento de costos que se observa en los tratamientos con quinua respecto al tratamiento control, se puede explicar por el menor consumo de alimento en T0 con respecto a estos tratamientos debido principalmente al elevado porcentaje de mortalidad que presentó el T0. (Cuadro 5)

Beneficio bruto de campo

Se observan diferencias entre las dietas experimentales respecto a la dieta control obteniendo beneficios económicos superiores al 50% con la introducción de 5%, 15% y 25% de quinua en la alimentación de pollos en relación al concentrado comercial.

Beneficio neto de campo o balance final (ver Cuadro 6)

Se observó que las dietas con diferentes niveles de inclusión de quinua son más rentables en cuanto a su utilización en comparación con el tratamiento control.

El tratamiento con 5% de inclusión de quinua representa el mayor beneficio siendo un 116% superior al tratamiento control, seguido por los tratamientos con 15% y 25% de inclusión de quinua con un 106% y 99% respectivamente; mostrando que al incluir quinua hasta un 25% en la alimentación de pollo de engorde se pueden obtener rendimientos productivos superiores a los obtenidos con un concentrado comercial a un mas bajo costo.

Cuadro 5. Beneficio bruto de campo

TRATAMIENTO	CARNE PRODUCIDA Kg.	PRECIO / Kg \$	BENEFICIO BRUTO DE CAMPO \$	%	DIFERENCIA
T 0	27,77	4600	127.742,00	100	0%
T 1	48,01375	4600	220.863,25	173	73%
T 2	46,04825	4600	211.821,95	166	66%
T 3	45,4265	4600	208.961,90	164	64%

Cuadro 6 Beneficio neto o balance final

TRATAMIENTO	BENEFICIO BRUTO DE CAMPO \$	COSTOS VARIABLE \$	BENEFICIO NETO DE CAMPO \$	%
T 0	127.742,00	70.497,83	57.244,18	100
T 1	220.863,25	97.020,24	123.843,01	216
T 2	211.821,95	93.626,60	118.195,35	206
T 3	208.961,90	95.240,55	113.721,35	199

CONCLUSIONES

La utilización de la quinua como una materia prima no convencional en la elaboración de concentrados para pollo de engorde, puede constituirse en un aporte significativo a la nutrición y rentabilidad de la explotación en donde el costo del alimento es el factor determinante en los costos de producción avícola; especialmente en zonas de clima frío y medio donde se adapta mejor este cultivo; por otro lado la introducción de la quinua dulce (sin desaponificar), en la alimentación de pollo de engorde puede reemplazar en forma adecuada a otras fuentes de proteína como la torta de soya hasta un nivel de inclusión de 25%, sin afectar el crecimiento normal del animal, resultados similares a los reportados por Muñoz y Noguera 1980.

La inclusión de quinua en la alimentación de pollo de engorde en niveles de inclusión de 5%, 15% y 25% presentan un beneficio de 116%, 106% y 99% respectivamente frente al concentrado comercial; siendo la ración con un nivel de 5% de quinua el tratamiento que presenta la mejor rentabilidad económica, sin afectar parámetros productivos como conversión y eficiencia alimenticia en la etapa de finalización y ganancia de peso en las dos etapas.

Las aves alimentadas con raciones que contenían diferentes niveles de inclusión de quinua tuvieron un comportamiento similar en cuanto a consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia, eficiencia alimenticia y rendimiento en canal en las dos etapas evaluadas; igualmente el empleo del grano de quinua variedades dulces en la formulación de raciones alimenticias para pollos de engorde, pese a los bajos niveles de saponina presentes en el grano, no afecta su consumo y por lo tanto no es necesario someterlo a procesos de desaponificación.

BIBLIOGRAFÍA

[1] SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Anuario Estadístico del Sector

Agropecuaria. Medellín - Antioquia – [online]. Colombia 2006. Disponible en Internet: [://www.agro.unalmed.edu.co/anuario/costos_aves_engorde.htm](http://www.agro.unalmed.edu.co/anuario/costos_aves_engorde.htm)

- [2] AVICULTORES, FENAVI / federación nacional de avicultores de Colombia. N° 136 (enero 2007) Bogotá: FENAVI, 2007. 5, 6, 9, 13, 14 p. Edición especial ISSN 021-1358.
- [3] INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. Carta Topográfica escala 1:10000. Popayán. Agosto 2006.
- [4] ALCALDÍA municipal de Popayán [online] disponible en Internet <http://www.popayan.gov.co/>
- [5] NUTRICIÓN ANIMAL, asignatura del programa Agrozootecnia, Universidad Del Cauca, cuarto semestre.
- [6] Manual de manejo del pollo de engorde ross 1, 14, p. [online] disponible en internet: [www. Aviagen. com](http://www.aviagen.com)
- [7] LOPEZ. Fredy, suplementación con morera (Morus alba) para vacas Holstein en lactancia. Popayán. 2002. 67 p. Tesis de maestría. Universidad Nacional. Sede Palmira.
- [8] PONTES PONTES Miguel y CASTELLO LLOBED José A. Alimentación de las aves, Real Escuela de Avicultura, Barcelona 1995. 32, 55, 56, 57, 329-330. p.
- [9] CANO VILLATE Adalgiza I. Producción Avícola; Universidad Nacional Abierta y a Distancia Santa Fe de Bogotá D.C. 1998. 94 p.
- [10] LESSON steve, Nutrición Aviar Comercial, editorial le print club Express Ltda. Colombia 2000. 218, 221, 223, 224, 247, 248, 249. p.
- [11] MUÑOZ. Efraín y NOGUERA Jorge. Efecto de la utilización de cinco niveles de quinua (Chenopodium quinoa willd) en la alimentación de pollos de engorde. Tesis de grado presentada como requisito parcial para optar al título de zootecnista. Universidad de Nariño. 1980 18, 26, 33. p.
- [12] <http://www.etsia.upm.es/fedna/>
- [13] PLAZA OLAYA. Henry. Gran manual de avicultura sanidad avícola 2005. 122 p.
- [14] <http://www.engormix.com>
- [15] Referencia personal; Pollos Pluma Dorada 2004

- [16] Aves de corral (Manual para educación agropecuaria) editorial Trillas. México 2004, 61 p.
- [17] GONZALEZ A. Gustavo, Fundamentos de nutrición animal aplicada; Universidad de Antioquia; Medellín 2001. 290 p.
- [18] VOLVAMOS AL CAMPO, Manejo y nutrición de Aves de Corral. Grupo latino Ltda. Colombia 2003. 217 y 218 p.
- [19] B.W Calnek. Enfermedades de las aves, el Manual moderno, segunda edición. México DF Santa Fe de Bogotá D.C. Pág. 955