

Nutritional evaluation of the sesame seed paste (*Sesamum indicum* L.) as replacement of the soybean paste in the growth of Common Quail (*Coturnix coturnix*)**Evaluación nutricional de la pasta de ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) como sustituto de la pasta de soya en el crecimiento de codornices (*Coturnix coturnix*)**Gabriela Chiriboga¹, Eduardo Uzcátegui¹ y Raúl de la Torre^{1*}¹Universidad San Francisco de Quito, Colegio de Ciencias e Ingeniería, Diego de Robles y Vía Interoceánica, Quito, Ecuador.

*Autor principal/Corresponding author, e-mail: rdelatorre@usfq.edu.ec

Editado por/Edited by: Cesar Zambrano, Ph.D.

Recibido/Received: 03/20/2014. Aceptado/Accepted: 07/04/2014.

Publicado en línea/Published on Web: 13/06/2014. Impreso/Printed: 13/06/2014.

Abstract

In order to assess the feasibility of using sesame seed paste as a partial substitute for soybean meal in quail rations, an experiment was conducted to test four treatments in one-day-old birds: treatment 1: Control diet (0 % sesame paste); treatment 2: diet with 25 % substitution of soybean meal by sesame paste; treatment 3: 50 % substitution of soybean meal by sesame paste, and treatment 4: 75 % substitution of soybean meal by sesame paste. Four groups of 50 birds each were formed to receive one of the four diets offered *ad libitum* in equal amounts during 5 consecutive weeks. Using a complete randomized experimental design with factorial arrangement (4 x 5 four treatments and five weeks), four variables were evaluated: feed intake, live weight gain, feed conversion ratio and mortality. Treatment 4 diet was the least consumed throughout the experiment, while treatment 2 diet recorded the highest weekly average consumption per bird, both significantly different from the others ($P < .01$). Animal weight gain was significantly lower in treatment 4 birds and significantly higher in birds of treatment 1 ($P < .01$), so feed conversion ratio of treatment 4 turned out to be the highest and, therefore, the least efficient ($P < .05$) since it required the greatest amount of food to convert it into live weight; conversion ratio of control diet, was significantly lower than that of treatments 3 and 4 but not different from ratio obtained in treatment 2, showing that sesame paste content reduces feed conversion when substitution levels of soybean meal rise higher than 25 %. The mortality of the birds was somewhat higher than normal and it was not influenced by the level of sesame paste, since the loss of birds was similar in all groups. Deficiency of lysine in diets containing sesame paste could account for the lower performance of quails fed these diets.

Keywords. Animal nutrition, feeding, Japanese quail, *Sesamum indicum*, sesame seed paste, soybean meal.

Resumen

Se evaluó la pasta de ajonjolí como sustituto parcial de la pasta de soya en raciones alimenticias de codornices en un experimento en el que se probaron cuatro dietas (tratamientos): Tratamiento 1: dieta testigo (0 % pasta de ajonjolí); Tratamiento 2: dieta con sustitución del 25 % de la pasta de soya por pasta de ajonjolí; Tratamiento 3: sustitución del 50 % de la pasta de soya por pasta de ajonjolí; Tratamiento 4: sustitución del 75 % de la pasta de soya por pasta de ajonjolí. Se conformaron cuatro grupos de 50 aves de un día de edad y cada uno recibió una de las cuatro dietas *ad libitum* durante 5 semanas. En un diseño completamente al azar con arreglo factorial (4x5, 4 tratamientos y 5 semanas) se midieron el consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia y mortalidad. La dieta del tratamiento 4 fue la menos consumida a lo largo del experimento, mientras la dieta del tratamiento 2 registró el mayor consumo promedio semanal por ave, ambos significativamente diferentes de los demás ($P < .01$). La ganancia de peso por animal fue notablemente inferior en las aves del tratamiento 4 y significativamente mayor en las aves del tratamiento 1 ($P < .01$), por lo que el índice de conversión alimenticia del tratamiento 4 resultó ser el más alto y, por ende, el menos eficiente ($P < .05$) al requerir mayor cantidad de alimento para convertirlo en peso vivo. Este índice de conversión de la dieta testigo, fue significativamente más bajo que en los tratamientos 3 y 4, sin diferir del obtenido en el tratamiento 2, demostrando que el contenido de pasta de ajonjolí reduce la conversión alimenticia en niveles superiores al 25 % de sustitución de la pasta de soya. La mortalidad de las aves fue un tanto mayor que la normal y no estuvo influenciada por el nivel de pasta de ajonjolí en el alimento, puesto que la pérdida de aves fue similar en todos los grupos. La deficiencia de lisina en las dietas que contenían pasta de ajonjolí podría explicar el menor desempeño de las codornices alimentadas con estas dietas.

Palabras Clave. Nutrición animal, alimentación, codornices, *Sesamum indicum*, pasta de ajonjolí, pasta de soya.

Introducción

El ajonjolí es una planta anual que se cree tuvo su origen en Etiopía (África), desde donde se extendió hasta Japón, India y China en sus inicios. Tiempo después del descubrimiento de América este cultivo oleaginoso se ha expandido por el mundo para uso *gourmet*. Este cultivo crece preferiblemente en regiones cálidas, siendo Guatemala el país que produce semillas de mayor calidad [1].

La pasta de ajonjolí, sub producto resultante de la extracción del aceite, ha sido empleada en varios países como ingrediente en la formulación de raciones alimenticias para de aves, cerdos y vacas lecheras, siendo su composición química y textura dependientes de la variedad y del método de extracción que se haya usado. El color de la pasta puede variar desde amarillo claro hasta gris oscuro dependiendo del color de la semilla [2].

La semilla de ajonjolí es una gran fuente de energía y proteína, debido a que contiene del 17 a 23 % de proteína cruda con una gran cantidad de metionina, 42 a 50 % de aceite (oleico y linoleico), de 4 a 7 % de ceniza con altas cantidades de calcio (0.98 %); es también fuente de fitatos como componente anti nutricional. La pasta de ajonjolí, por su parte, contiene de 44 a 50 % de proteína, de 10 al 12 % de extracto etéreo, 5 a 7 % de fibra cruda y de 5 al 12 % de cenizas [3, 4]. En el Ecuador, la disponibilidad de este cultivo no satisface las demandas nacionales de grano para consumo humano, razón por la cual se lo tiene que importar, afectando así su accesibilidad debido a sus costos y a que el principal objetivo no es el de obtener aceite de esta oleaginosa [5]. En el año 2005, se importaron 84,067 toneladas de aceite crudo proveniente de Argentina, y 93,780 toneladas entre semilla y pasta de soya [6].

La búsqueda de nuevos ingredientes como fuentes de proteína, que cumplan con los requerimientos nutricionales de los animales a precios razonables, se ha constituido en una prioridad, especialmente de la industria avícola que depende mayoritariamente del suministro de la pasta de soya, producto cuya demanda también debe satisfacerse mediante importaciones que afectan su costo. En el Ecuador se han producido alrededor de 25 toneladas anuales de grano de ajonjolí en los últimos diez años [7] y la pasta obtenida luego del proceso de extracción del aceite puede adquirirse a menor precio que la pasta de soya. Por ser poco conocida y evaluada en nuestro país como ingrediente alimenticio para animales de granja, la pasta de ajonjolí fue objeto del presente estudio que tuvo por objetivo determinar su viabilidad nutricional como sustituto parcial de la pasta de soya en dietas para crecimiento de codornices.

Materiales y métodos

El experimento se realizó en la Granja María Elena ubicada en el kilómetro 1.5 de la vía Santo Domingo de los Colorados al Búa, provincia de Santo Domingo de los

Tsáchilas. Se empleó un “galpón” con ventanas protegidas con malla, piso de cemento y techo de zinc. Antes de recibir a los pollos de codorniz las instalaciones fueron desinfectadas con cresol (1 mililitro por 1 litro de agua) para eliminar la posible presencia de organismos patógenos. Se preparó una jaula circular en el piso construida con láminas de acero que albergó a 200 pollos de codornices de un día de edad, separados por planchas moldeadas con el propósito de dividir el círculo en cuatro partes, cada una destinada a alojar a 50 aves, que recibirían uno de los cuatro tratamientos en estudio. En cada espacio del círculo se dispusieron dos bebederos con agua con vitaminas y dos comedores con el alimento.

El piso fue cubierto con viruta y encima se colocaron hojas de papel periódico durante los tres primeros días, las cuales fueron cambiadas a diario, mientras que los bebederos fueron lavados todos los días para colocar agua limpia y fresca. Después de los tres primeros días, se retiró el papel periódico para proceder a cambiar cada semana la viruta del piso por viruta nueva con el fin de mantener a los animales en un lugar limpio.

En cuanto al horario de la alimentación, todos los días a las 8 de la mañana se procedió a lavar los bebederos y a pesar el alimento sobrante y el alimento a suministrar. También, se retiró y se registró el número de codornices muertas en cada grupo (tratamiento). De igual manera, a las 5 de la tarde se procedió a limpiar los bebederos para eliminar la viruta humedecida por las aves, aumentar el alimento y verificar que las lámparas estuvieran prendidas para mantener el calor del galpón.

Los pollos de codorniz son sumamente sensibles al cambio de temperatura durante los primeros días de vida, por esta razón es importante que el lugar donde permanezcan tenga una adecuada temperatura de aproximadamente 35 a 38°C. Las ventanas deben permanecer cerradas, sobre todo en las noches, y ser abiertas por un tiempo determinado en las mañanas para que el lugar se ventile, debido a que el amoníaco emitido por las heces de las aves puede causar problemas respiratorios no solamente a los animales sino también a los trabajadores. El uso de lámparas durante las tres primeras semanas es esencial para mantener la temperatura del galpón; sin embargo, se debe controlar el nivel de calor emitido por las mismas, siendo un indicador de la deficiencia o exceso de calor el comportamiento de las propias aves al alejarse de las lámparas o agruparse cerca de ellas [8].

Se estudiaron cuatro tratamientos en este experimento: Tratamiento 1: dieta testigo con 100 % de pasta de soya; Tratamiento 2: dieta formulada con 25 % de pasta de ajonjolí y 75 % de pasta de soya; Tratamiento 3: dieta con 50 % de pasta de ajonjolí y 50 % de pasta de soya y, Tratamiento 4: dieta con 75 % de pasta de ajonjolí y 25 % de pasta de soya. La composición de las cuatro dietas experimentales se presenta en la Tabla 1.

Se empleó un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial 4 x 5 (4 tratamientos y 5 sema-

Ingredientes	0 % pasta de ajonjolí (Testigo)	25 % pasta de ajonjolí Trat. 2	50 % pasta de ajonjolí Trat. 3	75 % pasta de ajonjolí Trat. 4
Maíz	58.61	58.61	58.61	58.61
Soya	36.90	27.32	18.45	9.58
Ajonjolí	0.00	9.58	18.45	27.32
Carbonato de calcio	1.30	1.30	1.30	1.30
Fosfato monoamónico	1.50	1.50	1.50	1.50
Metionina	0.04	0.04	0.04	0.04
Manteca	1.00	1.00	1.00	1.00
Sal	0.30	0.30	0.30	0.30
Premix broiler	0.25	0.25	0.25	0.25
Antimicótico	0.10	0.10	0.10	0.10
TOTAL	100	100	100	100

Tabla 1: Composición de las dietas (%)

nas) y se evaluaron los siguientes parámetros: consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia durante 5 semanas. Por obvias razones el consumo de alimento no fue medido individualmente sino en cada grupo representativo de cada tratamiento y fue calculado semanalmente pesando todos los días la cantidad de alimento ofrecido y sustrayendo el alimento sobrante; la diferencia semanal acumulada fue dividida para el número de aves, a efectos de estimar el consumo promedio por animal. La ganancia de peso también se evaluó cada semana mediante la diferencia entre el peso final promedio de los animales del grupo y su peso inicial. Finalmente, la conversión de alimento fue estimada mediante simple cálculo, dividiendo la cantidad de alimento consumido para el peso promedio ganado cada semana.

La significación estadística de las diferencias de los promedios entre tratamientos y semanas fue determinado mediante el análisis de variancia (ADEVA), seguido de la prueba de comparación de rangos múltiples de Duncan [9] cuando el ADEVA reveló variaciones significativas.

Resultados y Discusión

Consumo de alimento: Los datos del consumo semanal de alimento se presentan en la Tabla 2. Al analizar los resultados obtenidos en la medición del consumo de alimento, el ADEVA detectó diferencias significativas al 1 % de probabilidad entre los tratamientos, poniendo en evidencia que el consumo alimenticio fue afectado por la composición de la dieta, es decir, por el nivel de pasta de ajonjolí en sustitución de la pasta de soya. El consumo de alimento de las aves del tratamiento 4 que contenía 75 % de pasta de ajonjolí (69.6g) fue significativamente menor que el consumo registrado en los restantes tratamientos, seguido por el consumo de las aves de los tratamientos 3 (50 % pasta de ajonjolí) y 1 (testigo) y, finalmente, por el consumo en el tratamiento 2

(25 % pasta de ajonjolí) que exhibió el promedio más alto y estadísticamente diferente de los demás (108.3g).

Con base en estos resultados, podría concluirse que las codornices toleran la pasta de ajonjolí en su dieta en dosis que no supere un nivel de sustitución de soya mayor al 50 %, ya que por encima de este nivel ocurre una reducción marcada del consumo de alimento con el consiguiente efecto sobre la ganancia de peso. El bajo consumo de alimento de las aves del tratamiento 4 puede deberse a la textura de la mezcla ofrecida, debido a que la dieta con el 75 % de pasta de ajonjolí presentaban grumos y aglutinaciones que dificultaban la aprehensión y deglución, y por otra parte, a la apariencia externa, puesto que su coloración era bastante oscura y obviamente resultaba menos atractiva que el alimento de los otros grupos.

Al comparar el consumo semanal de alimento en las cinco semanas, como era de esperar, la prueba de Duncan determinó diferencias altamente significativas ($P < .01$) entre semanas, con el menor consumo medio por ave durante la primera y segunda semanas (55.7 y 71.2g, respectivamente). El consumo alimenticio aumentó hasta la cuarta semana (108.8g), pero en la quinta y última semana se produjo una pequeña disminución que, posiblemente, obedeció a las condiciones ambientales del galpón, aunque las diferencias anotadas no alcanzaron el grado de significación estadística. El bajo consumo alimenticio de la primera semana se explicaría tanto por tratarse de los primeros días de vida de las aves, como por el proceso de adaptación a las instalaciones del experimento y a las condiciones que éstas proveían.

Los datos obtenidos en este parámetro productivo exhiben una alta variabilidad y revelan un bajo nivel de consumo aun en el tratamiento testigo, puesto que en otros estudios reportan cifras de 120 a 140 gramos semanales por animal, durante las primeras 8 semanas de vida [10].

Ganancia semanal de peso: La ganancia de peso semanal por ave se presenta en la Tabla 3. Los resultados del

TRATAMIENTOS					
Semanas	T1 Testigo	T2 25 %	T3 50 %	T4 75 %	Promedio
1	56.0	60.0	56.9	49.8	55.7 a
2	76.1	81.0	68.5	59.3	71.2 a
3	117.3	134.9	105.0	76.5	108.4 b
4	112.1	134.6	99.7	88.8	108.8 b
5	100.4	130.6	105.7	73.4	102.5 b
Promedio	92.4 b	108.3 a	87.2 b	69.6 c	89.3

Promedios con distinta letra en la hilera o columna son significativamente diferentes (P<.01)

Tabla 2: Consumo de alimento (g/ave/semana)

TRATAMIENTOS					
Semanas	T1 Testigo	T2 25 %	T3 50 %	T4 75 %	Promedio
1	30.6	12.6	15.7	6.0	16.2 a
2	22.4	16.9	8.9	5.9	13.5 a
3	45.1	29.5	13.5	9.0	24.3 b
4	25.2	17.8	11.2	4.8	14.8 a
5	28.9	15.1	13.5	5.3	15.7 a
Promedio	30.4 a	18.4 b	12.6 b	6.2 c	16.9

Promedios con distinta letra en la hilera son significativamente diferentes (P<.01)

Promedios con distinta letra en la columna son significativamente diferentes (P<.05)

Tabla 3: Ganancia de peso (g/ave/semana)

ADEVA mostraron diferencias altamente significativas entre tratamientos (P<.01) y entre semanas (P<.05). La prueba de Duncan, por su parte, estableció una marcada superioridad de la dieta testigo (Tratamiento 1), con un incremento de peso significativamente mayor que aquel alcanzado con las tres dietas que contenían pasta de ajonjolí, mientras que las dietas correspondientes a los tratamientos 2 y 3 (25 y 50 % de pasta de ajonjolí, respectivamente) no difirieron entre sí, pero superaron estadísticamente a la dieta 4 (75 % pasta de ajonjolí), la cual exhibió la menor ganancia durante el periodo experimental. Es evidente también la gran variabilidad de los datos, puesto que el coeficiente de variación fue de aproximadamente 26 %.

Los valores aquí encontrados difieren marcadamente del estándar empleado por Rostagno y colaboradores [11], quienes, al determinar los requerimientos nutricionales de las codornices en Brasil, establecieron como estándar un incremento diario de 1.3 gramos por ave para el periodo de edad entre las 6 y 10 semanas, mientras que en otro experimento llevado a cabo en Nigeria, con codornices de 2 a 8 semanas de edad, alimentadas con bagazo de grano de sorgo en sustitución del maíz, se reportaron ganancias de peso de 2.47 a 2.63 gramos diarios por animal [10].

Por otra parte, la comparación del incremento de peso semanal por ave entre semanas permitió determinar que la media más alta, obtenida en la semana 3 (24.3 gramos, equivalente a 3.46 gramos diarios) fue significativamente mayor que los promedios de las semanas restantes, entre las cuales no se detectaron diferencias, sin que se pueda encontrar una explicación para este inusual comportamiento de las aves. Díaz et al., [12], mencionan que los microorganismos en el tracto intestinal de las codornices juegan un papel fundamental en

TRATAMIENTOS					
Semanas	T1 Testigo	T2 25 %	T3 50 %	T4 75 %	Promedio
1	4.37	1.8	2.24	0.9	2.32
2	3.2	2.4	1.27	0.84	1.93
3	6.44	4.21	1.93	1.3	3.46
4	3.6	2.54	1.6	0.68	2.1
5	4.13	2.16	1.93	0.76	2.24
Promedio	4.35	2.62	1.79	0.88	2.41

Tabla 4: Ganancia diaria de peso (g/ave/día)

su comportamiento productivo, ya que en la primera fase de crecimiento el consumo de alimento, la ganancia de peso y la conversión de alimento se acentúan, de tal manera que, mientras aumenta la edad de las codornices disminuye la absorción de nutrientes en relación al peso corporal, y la correspondiente respuesta en términos de incremento de peso. También hacen referencia al estancamiento del incremento de peso y de la conversión de alimento a medida que transcurre la edad de las codornices, aun cuando el consumo de alimento vaya en aumento. Por esta razón, los datos de la ganancia de peso obtenidos en la quinta semana fueron más homogéneos entre los tratamientos, que en las semanas previas.

Los datos de ganancia semanal de peso expresados en términos de ganancia diaria por ave (Tabla 4) variaron de 0.88 gramos en el tratamiento 4 a 4.35 gramos en el tratamiento testigo, y de 1.93 en la segunda semana a 3.46 gramos en la tercera semana.

Conversión alimenticia: La conversión alimenticia es un indicador de la eficiencia de las especies animales para convertir el alimento en el producto de interés comercial, carne o leche, y es mejor mientras más baja sea la relación de la cantidad de alimento consumido por unidad de peso ganado o de leche producida. En el presente estudio, el índice promedio total para la conversión de alimento fue de 7.06 gramos, esto es, 7.06 gramos de alimento necesarios para conseguir el incremento de peso de 1 gramo, lo cual demuestra una baja eficiencia de conversión (Tabla 5). El ADEVA reveló diferencias significativas entre tratamientos (P<.01), lo mismo que entre semanas (P<.05). De acuerdo a la prueba de Duncan, los promedios de conversión alimenticia de las aves pertenecientes a los tratamientos 1 (testigo) y 2 (25 %) no difirieron estadísticamente entre sí, al 5 % de probabilidad, pero fueron significativamente menores que el promedio del tratamiento 4 (75 % de pasta de ajonjolí) que resultó el más alto, lo que equivale a decir que las aves alimentadas con el mayor contenido de pasta de ajonjolí fueron menos eficientes en la transformación del alimento que las dietas con 0 y 25 % de ajonjolí, por requerir mayor cantidad de comida para ganar un gramo de peso corporal. Sin embargo, el promedio de conversión alimenticia del tratamiento 2 fue estadísticamente similar al del tratamiento 3 y los dos, inferiores al del tratamiento 4. Debe recordarse que los índices de conversión alimenticia no son obtenidos como resultado de una medición directa, sino de un cálculo utilizando los datos del consumo de alimento e incremento de peso, razón por la cual, tanto la variación como los errores

Semanas	TRATAMIENTOS				Promedio
	T1 Testigo	T2 25 %	T3 50 %	T4 75 %	
1	1.83	4.76	3.62	8.3	4.63 a
2	3.40	4.79	7.70	10.05	6.48 ab
3	2.60	4.57	7.78	8.50	5.86 ab
4	4.45	7.56	8.90	18.50	9.85 c
5	3.47	8.65	7.83	13.85	8.45 bc
Promedio	3.15 a	6.07 ab	7.17 b	11.84 c	7.06

Promedios con distinta letra en la columna o hilera son significativamente diferentes ($P < .05$)

Tabla 5: Conversión alimenticia (g alimento/g peso vivo).

que podrían haberse producido al medir estos parámetros, se acumulan y se reflejan al calcular este índice.

Con relación a las variaciones entre las cinco semanas del experimento se encontró que pese a la tendencia creciente de los índices de conversión, fue en la semana 4 cuando se registró el mayor valor numérico, sin que éste se diferencie estadísticamente del promedio de la semana 5. Los resultados obtenidos también permiten apreciar que los índices de conversión alimenticia no variaron significativamente durante las tres primeras semanas del estudio, lo cual discrepa de la concepción generalizada de que la eficiencia de conversión se reduce con el tiempo o, lo que es lo mismo, que los índices de conversión son mayores a medida que los animales crecen.

Al comparar los valores obtenidos, se encuentra que el mejor índice de conversión, correspondiente al tratamiento testigo (3.15g), fue apreciablemente mayor que el reportado por Varkoohi et al., [13] de 2.61 gramos en codornices de 1 a 4 semanas de edad, aunque los resultados en los tratamientos 2 y 3 fueron bastante semejantes a los índices de 6.73 a 7.87 gramos encontrados en el ensayo referido en el punto anterior, empleando una dieta a base de bagazo de grano de sorgo [10]. Así mismo, según Terán [8], evaluando en codornices dietas basadas en harina de amaranto y quinua obtuvo como resultado índices de conversión de alimento de 4.13 a 4.59 gramos, mientras que Muirragui [14] en su experimento utilizando sachu inchi en sustitución de soya encontró índices de 1.70 a 3.35 gramos, ligeramente mayores que los índices de Ayala [15] de 1.9 gramos y Vega [16] de 1.78 a 2.09 gramos, en pollos parrilleros. La baja eficiencia de conversión del presente experimento, caracterizada por índices que aumentan a medida que disminuye el contenido de pasta de soya en la dieta podría deberse, en primer lugar, a la reducción del contenido de saponinas presentes en este ingrediente, pero ausentes en la pasta de ajonjolí, toda vez que se conoce que estos compuestos mejoran los índices de productividad, incluyendo la ganancia de peso y la conversión alimenticia, reduciendo al mismo tiempo los riesgos en la salud de los animales [17]. En segundo lugar, la pasta de ajonjolí es un producto naturalmente alto en el contenido del aminoácido metionina, pero pobre en el contenido del aminoácido lisina [18], opuesto a lo que ocurre en la soya; por ello, al formular una dieta con pasta de soya, la deficiencia de metionina se suple agregando metionina sintética a la mezcla, pero las tres dietas que contenían pasta de ajonjolí en el presente ensayo no corrigieron la

Semanas	TRATAMIENTOS				Total
	T1 Testigo	T2 25 %	T3 50 %	T4 75 %	
1	4	2	2	4	12
2	3	3	4	4	14
3	0	2	3	1	6
4	1	1	2	2	6
5	2	1	0	1	4
Total	10	9	11	12	42

Tabla 6: Mortalidad (No. de aves muertas).

deficiencia de lisina, pudiendo ser ésta la causa más importante para el bajo desempeño de las codornices, en especial de aquellas alimentadas con el nivel más alto de pasta de ajonjolí.

Mortalidad: La pérdida de animales durante el experimento (21 %) fue mayor que el índice de mortalidad que debería esperarse en una explotación comercial y obedeció principalmente a accidentes: ahogamiento en los bebederos durante los primeros días, lesiones causadas por impactos al volar dentro de las jaulas o quemaduras en las lámparas de calor. No se evidenciaron diferencias en mortalidad asociada a los tratamientos, pero sí diferencias entre semanas ($P < .05$) con mayor número de codornices muertas durante las dos primeras semanas (Tabla 6).

Conclusiones

La dieta del tratamiento 4 con 75 % pasta de ajonjolí fue la menos consumida por las codornices a lo largo de todo el experimento, fue además la que produjo el menor incremento de peso de las aves y, consecuentemente, la que se tradujo en la menor eficiencia de conversión alimenticia con el índice más alto, mientras en el otro extremo, la dieta testigo acusó la mayor ganancia de peso y la mejor conversión de alimento con el índice más bajo.

La dieta correspondiente al tratamiento 2, con 25 % pasta de ajonjolí, fue la que registró el mayor consumo de alimento, pero ésta fue inferior a la dieta testigo en ganancia de peso, aunque no en conversión alimenticia. Fue, además, estadísticamente similar a la dieta del tratamiento 3 (75 % pasta de ajonjolí), tanto en el incremento de peso como en la conversión de alimento.

El índice de conversión alimenticia, que combina el consumo de alimento y el incremento de peso, amerita mayor atención puesto que es el indicador que mejor refleja la eficiencia de producción y, por ende, el que mejor ilustra la productividad de los animales y la rentabilidad del negocio. En el presente estudio, la eficiencia de conversión alimenticia fue considerablemente baja y el índice de conversión de 11.8 gramos obtenido con la dieta del tratamiento 4, constituye una clara evidencia de que el alto contenido de pasta de ajonjolí de esta dieta ejerció un efecto depresor sobre el comportamiento de las codornices o, dicho en otras palabras, que las aves alimentadas con la dieta que contenía el mayor porcentaje de pasta de ajonjolí fueron las menos eficientes para

convertir el alimento en peso vivo porque necesitaron consumir cantidades significativamente mayores de alimento que las aves de los demás grupos para incrementar una misma unidad de peso corporal. Por otra parte y en vista de que el índice de conversión obtenido con la dieta del tratamiento testigo, pese a ser el más bajo, no difirió estadísticamente del correspondiente a la dieta del tratamiento 2, pero si del promedio del tratamiento 3, demuestra que la conversión alimenticia fue afectada negativamente por el contenido de pasta de ajonjolí de la dieta cuando su nivel superó el 25 % de sustitución de la pasta de soya, lo cual sugeriría no utilizar pasta de ajonjolí en dietas para codornices en niveles mayores a este porcentaje. Sin embargo, considerando que las dietas que contenían pasta de ajonjolí debieron presentar deficiencias de lisina y que esta insuficiencia nutricional podría explicar el menor desempeño de las codornices alimentadas con estas dietas, una evaluación más confiable y concluyente de la pasta de ajonjolí en futuros experimentos debería tomar en cuenta este particular y enmendar la deficiencia mediante la adición de este amino ácido esencial al alimento.

La mortalidad de las aves fue un tanto mayor que la normal y no estuvo influenciada por los tratamientos, puesto que la pérdida de aves fue similar en todos los grupos.

Es importante recalcar, que no se realizó el sexado o separación de las aves por sexo; pero, debido a que en el experimento los animales fueron asignados al azar, se supone que cada grupo tuvo el mismo número de machos y de hembras.

Referencias

- [1] Nicaraocoop, R. 2005. "Ajonjolí". *Revista de Comercio Exterior Nicaragua*. Disponible en: <http://www.bcn.gob.ni/publicaciones/periodicidad/historico/sinopsis/5.pdf>.
- [2] Abbott Laboratories. 1992. "Proceso para la obtención de un aislado proteico de ajonjolí mediante solubilización, ultra filtrado y precipitación". *Estados Unidos*.
- [3] National Research Council. 1982. "United States-Canadian Tables of Feed Composition". *Nutritional Data for United States and Canadian Feeds. Third edition. Subcommittee on Feed Composition. National Academy Press, Washington*.
- [4] Balderrama, V. 2010. "Digestibilidad ideal estandarizada de la proteína de pastas de ajonjolí y de soya en lechones". *Veracruz - México*, 11.
- [5] Andrade, V. 2010. "Presente y Futuro de las Oleaginosas en el Ecuador". *Cultivos energéticos alternativos. Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra. Proyecto Centro Iberoamericano de Investigación y Transferencia de Tecnología en oleaginosas. Ibarra, Ecuador*.
- [6] INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos). 2012. "Sistema agroalimentario de la soya". *Análisis del Sistema Agroalimentario de la Soya en el Ecuador*.
- [7] FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura). 2014. "FAOSTAT, Estadísticas de producción de cultivos: Ajonjolí". Disponible en: <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>.
- [8] Terán, S. 2008. "Alimentación de codornices en fase de postura en base a tres harinas andinas: Amaranto, Quinoa y Maíz". *Tesis de grado. Facultad de Ciencias Agrícolas, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Ibarra- Ecuador*.
- [9] Duncan, D. 1955. "Multiple Ranges and multiple F test". *Biometrics*, 11:1.
- [10] Ngele, M.; Egho, M.; Jonathan, J. 2011. "Performance of Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*) fed varying levels of spent sorghum residue based diets". *Continental J. Animal and Veterinary Research*, 3:16.
- [11] Rostagno, H.; Texeira, L.; Donzele, J.; Gomes, P.; Oliveira, R.; Lopes, D.; Ferreira, A.; Barreto, S.; Euclides, R. 2011. "Tablas Brasileñas para Aves y Cerdos". *Requerimientos Nutricionales de codornices japonesas. Universidad Federal de Visosa. Brasil*: 159.
- [12] Díaz, C.; Doraida, R.; Briceño, R.; Rosa, V.; Cabrera, H. 2008. "Factibilidad y edad de engorde en codornices (*Coturnix coturnix* japónica) suplementadas con harina de lombriz". *Agricultura Andina*, 14:23.
- [13] Varkoohi, S.; Moradl Shahr, B.; Patel, A.; Nejati, J.; Zaghari, M.; Kause, A. 2010. "Response to selection of feed conversion ratio in Japanese quail". *Poultry Sci*, 90:259.
- [14] Muirragui, C. 2013. "Estudio de factibilidad del uso de la pasta de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) en dietas para aves". *Tesis de grado para la obtención del título de Ingeniero en Agroempresas. Universidad San Francisco de Quito. Ecuador*.
- [15] Ayala, M. 1997. "Utilización de diferentes niveles de harina de semilla de retama en las etapas de inicio y acabado de broilers". *Tesis de grado. Facultad de Ciencia Pecuarías. ESPOCH. Riobamba, Ecuador*.
- [16] Vega, J. 2000. "Uso de la enzima Allzyme Vegpro en dietas para pollos parrilleros". *Tesis de Maestría en Producción Animal. Facultad de Ciencias Pecuarías. ESPOCH. Riobamba, Ecuador*.
- [17] Ruales, D. 2007. "Efecto de la adición de saponinas esteroidales en la alimentación de la codorniz". *Universidad Técnica del Norte. Ibarra, Ecuador*.
- [18] Cuca, G.; Ávila, G. 1978. "Fuentes de energía y proteínas para la alimentación de las aves". *Ciencia Veterinaria (México)*, 2:326.