

SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE SOJA Y MAÍZ MOLIDO POR GARBANZO DE DESCARTE EN LA RESPUESTA PRODUCTIVA Y RENDIMIENTO EN CANAL DE CODORNIZ JAPONESA

Partial Substitution of Soybean Meal and Ground Corn Grain by Cull Chickpeas on Productive Response and Carcass Yield of Japanese Quail

Jesús José Portillo Loera¹, Carlos Bell Castro Tamayo¹, Jesús Francisco Obregón¹, Alejandro Plascencia Jorquera², Francisco Gerardo Ríos Rincón^{1*} y Diana Karelly Suárez Guerrero¹

¹ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Sinaloa. Blvd. San Ángel s/n.

Culiacán, Sinaloa, 80236 México. Fax: +52 (667) 753-0458. *Correspondencia al correo electrónico: fgriosr@gmail.com

² Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias. Universidad Autónoma de Baja California. Mexicali, BC 21100. México.

RESUMEN

Para determinar el efecto de la sustitución parcial de harina de soja y grano de maíz molido por el subproducto garbanzo de descarte en la respuesta productiva de codorniz japonesa (*Coturnix coturnix japonica*) en engorde se utilizaron 1.125 codornices (1 d de edad; peso inicial de $9,79 \pm 0,13$ g), asignadas a 25 jaulas (45 codornices/jaula), de acuerdo con un diseño completamente aleatorizado. La prueba duró 29 días. La dieta basal contenía 55% de grano de maíz molido y 35% de harina de soja; los tratamientos consistieron en la sustitución en la dieta del grano de maíz molido y de harina de soja por garbanzo de descarte (0; 15; 30; 45 y 60%). Al final de la prueba se sacrificaron 25 codornices por tratamiento para obtener peso del páncreas, longitud del intestino delgado, peso de la canal y su rendimiento. Las características fisicoquímicas del garbanzo de descarte fueron: 92,44% materia seca; 20,13% proteína cruda; 6,77% fibra cruda; 6,26% extracto etéreo; 3,35% cenizas; 54,73% extracto libre de nitrógeno; 0,76 kg/L⁻¹ densidad y 44,48% grano dañado. El peso corporal final (200,6 g), la ganancia de peso (GP) (190,5 g), el peso de la canal (112 g) y rendimiento en canal (60,84%) no se afectaron ($P > 0,05$) con la inclusión de hasta 45% de garbanzo de descarte. Con 60% de garbanzo de descarte disminuyó ($P < 0,05$) el peso corporal (4,76%), la GP (5,20%), el peso de la canal (6,34%) y el rendimiento de la canal (1,14%). El consumo de alimento por ave (482,3 g) y eficiencia alimenticia (0,386) fueron similares entre tratamientos ($P > 0,05$). El peso del páncreas y la longitud del intestino delgado incrementaron conforme al nivel del garban-

zo de descarte. Estos resultados indican que, en dietas de engorde para codorniz japonesa, el garbanzo de descarte puede sustituir parcialmente hasta en 45% a la harina de soja y el grano de maíz molido sin disminuir la respuesta productiva y el rendimiento en la canal.

Palabras clave: *Coturnix coturnix japonica*, *Cicer arietinum* L., engorde, canal.

ABSTRACT

To determinate the effect of partial substitution soybean meal and ground corn grain by cull-chickpeas on productive response of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) in fattening were used 1125 quails unsexed (age 1 d; initial weight 9.79 ± 0.13 g), placed to 25 cages (45 quails/pen) agree with a complete randomize design. The experiment lasted 29 d. The basal diet contained 55% ground corn grain and 35% soybean meal; the treatments consisted in the replaced in the diet for cull-chickpeas (0, 15, 30, 45 or 60%). Upon complete fattening period, 25 quails by treatment were slaughtered, and carcass weight and carcass dressing was obtained. Physicochemical characteristics of cull-chickpeas were: 92.44% dry matter; 20.13% crude protein; 6.77% crude fiber; 6.26% ether extract; 3.35% ashes; 54.73% nitrogen-free extract; 0.76 kg/L⁻¹ density and 44.48% damaged grain. Body weight (200.6 g), weight gain (190.5 g), carcass weight (112 g), and carcass dressing (60.84%), were not affected ($P > 0.05$) by the inclusion of up to 45% cull-chickpeas. With 60% of cull-chickpeas diminished ($P < 0.05$) final body weight (4.76%), weight gain (5.20%), carcass weight (6.34%), and carcass yield (1.14%). Feed intake (482.3 g) and feed efficiency (0.386) were similar among treatments ($P > 0.05$). Pancreas weight and small intestine length in-

creased at the level of cull chickpeas. These results suggests that, in fattening diets for Japanese quail, cull-chickpeas can partially replace up to 45% the soybean meal an ground corn without affecting the growth performance or carcass yield.

Key words: *Coturnix coturnix japonica*, *Cicer arietinum* L., fattening, carcass.

INTRODUCCIÓN

Durante la cosecha, almacenaje y comercialización, aproximadamente de 10 a 20% (7.900 a 15.800 toneladas) de la producción anual de grano de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) no reúne las características de calidad para consumo humano por lo que se considera de descarte y es destinado al consumo animal [33, 37]. El valor proteico promedio del grano de garbanzo y del garbanzo de descarte (20,1%) y el valor energético de 3.000 Kcal EM/kg para el primero y de 2.656 Kcal EM/kg para el segundo, los convierten en sustitutos potenciales de la harina de soja (*Glycine Max*) y una alternativa para la elaboración de alimento para aves [2, 14, 27]. Sin embargo, existen inconsistencias en los resultados observados cuando el grano de garbanzo ha sido incluido en las dietas para aves en engorde. Así, 15 a 45% de grano de garbanzo redujeron la ganancia de peso (GP) y la conversión alimenticia en pollos (*Gallus gallus*) de engorde [38, 39]; sin embargo, otros informan que la inclusión de 10 a 36% no afecta la GP, el consumo de alimento o la conversión alimenticia [14, 31]. Lo anterior puede deberse al tipo de grano utilizado en las dietas ya que varía en gran medida su contenido de proteína cruda (12 a 31%), almidón (37 a 51%) y fibra cruda (1 a 13%) [6]. Aunque los valores de proteína cruda (PC) y fibra cruda (FC) del garbanzo de descarte producido en el estado de Sinaloa (México) están dentro de los intervalos (mínimo 18% de PC y máximo 6,5% de FC) previamente descritos [33], la información disponible sobre el uso de este subproducto en la alimentación de aves en engorde es limitada, particularmente en las dietas para codorniz japonesa (*Coturnix coturnix japonica*), especie que probablemente tolere mayores niveles de inclusión de garbanzo de descarte que el pollo de engorde, puesto que es considerada una especie más rústica en comparación con otras aves productoras de carne [26]. Este experimento se realizó con el objetivo de determinar el efecto de la sustitución parcial de harina de soja (*Glycine max* L.) y maíz (*Zea mays*) por garbanzo de descarte en la respuesta productiva y rendimiento de la canal de codorniz japonesa en engorde.

MATERIALES Y MÉTODOS

Caracterización del subproducto

El experimento se realizó en la Unidad Avícola de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Sinaloa, en Culiacán, Sinaloa, México (24° 46' 13" LN y 107° 21' 14" LO). El garbanzo de descarte, subproducto de la cosecha de garbanzo destinado a la alimentación

humana fue adquirido en una empresa comercializadora de granos ubicada en el valle agrícola de Culiacán, Sinaloa. Antes de elaborar las dietas experimentales, a partir del volumen total se obtuvo una muestra de dos kg de garbanzo de descarte, la cual se dividió en dos submuestras. La primera se utilizó para la caracterización física y de calidad del subproducto: densidad (g/L⁻¹), calibre (peso de 100 semillas), largo, ancho y peso individual de la semilla; se registró la proporción de granos normales, quebrados, dañados por insectos, inmaduros, así como la proporción de impurezas. La segunda submuestra fue procesada con un molino Thomas-Wiley (Modelo 4, Thomas Scientific, Swedensboro, NJ, EUA) con malla de dos mm, para determinar por cuadruplicado materia seca, proteína cruda, cenizas, fibra cruda, extracto etéreo y extracto libre de nitrógeno [1]. El contenido de energía metabolizable en el garbanzo de descarte, fue calculado mediante la fórmula EM MCal/kg=3,75 x PC + 8,09 x EE - 6,95 x FC + 3,94 x ELN [24].

Animales y manejo

En la prueba de alimentación se utilizaron 1.125 codornices sin sexar (1 d de edad; peso promedio 9,79 ± 0,13 g). Las codornices se distribuyeron al azar en 25 jaulas metálicas de 90 x 90 x 60 cm, elevadas 60 cm del piso, 45 codornices por jaula y se les proporcionó calor (35 a 38 °C) mediante focos incandescentes los primeros 3 d; de 32 a 35 °C hasta el día siete y desde la segunda semana se redujo la temperatura a razón de 5 °C por semana [21]. Del día 1 al 3, en cada jaula se colocó un comedero tipo plato de 25 x 18 x 2,5cm y un bebedero semiautomático con capacidad para 3,8 L; a partir del día 4, se colocó un comedero tipo tolva de piso semiautomático de 25 x 17,5 x 25 cm (Implementos Huacuja SA de CV, Tonalá, Jalisco, México) y un abastecedor automático de agua de 20 x 12 cm (Modelo AA, Sistemas Agropecuarios JAT SA de CV, Zapopan, Jalisco; México). Cada día se registraron las aves muertas y éstas no fueron sustituidas.

Preparación de las dietas experimentales

Las dietas experimentales (TABLA I) se formularon con base a los requerimientos nutricionales recomendados por el NRC [25] para codorniz japonesa en engorde. La cantidad de grano de maíz molido (55%) y de harina de soja (35%) en la dieta base (Tratamiento 0), se obtuvo con cuadrado de Pearson [36] para obtener en la mezcla una proporción que igualó al contenido de PC en garbanzo de descarte (20,13%). La harina de pescado se fijó en 7% de la dieta y aportó la diferencia de la mezcla de grano de maíz molido y harina de soja para tener 24,3% de PC; esta dieta contenía además 1,55% de aceite de cártamo, 0,30% de sal de mar, 0,90% de piedra caliza y 0,25% de una mezcla de vitaminas y minerales. A partir del tratamiento dos se incluyó en proporciones crecientes de 15% de garbanzo de descarte, sustituyendo parcialmente a la harina de soja y al grano de maíz molido, y para mantener a las dietas isoenergéticas se incluyó aceite de cártamo en niveles crecientes.

TABLA I
COMPOSICIÓN DE LAS DIETAS UTILIZADAS EN EL EXPERIMENTO (BASE HÚMEDA)

Ingredientes, %	Tratamientos				
	0	15	30	45	60
Garbanzo de descarte	0,00	15,00	30,00	45,00	60,00
Grano de maíz molido	55,00	44,60	34,25	24,00	13,70
Harina de soja	35,00	30,15	25,30	20,40	15,50
Harina de pescado	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
Aceite de cártamo	1,55	1,80	2,00	2,15	2,35
Sal de mar	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Piedra caliza	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
Vitaminas y minerales ^b	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Total	100	100	100	100	100
Análisis calculado (BH) ^a					
Proteína cruda, %	24,30	24,30	24,30	24,30	24,30
Energía metabolizable, Kcal / kg	2950	2952	2952	2950	2951
Fibra cruda, %	3,71	4,07	4,40	4,80	5,16
Lisina, %	1,40	1,45	1,49	1,54	1,58
Metionina + cistina, %	0,80	0,87	0,94	1,01	1,08
Calcio, %	0,81	0,82	0,82	0,83	0,83
Fósforo, %	0,34	0,35	0,35	0,36	0,36
Ácido linoleico, %	1,50	1,46	1,39	1,31	1,24

^a Valores obtenidos de NRC [25], excepto garbanzo de descarte analizado en el laboratorio de Nutrición de la FMVZ-UAS.; ^b Premezcla de vitaminas y minerales proporciona por kg de dieta: 3,75 mg retinol; 112 µg colecalciferol; 30 mg acetato de tocoferol; 3 mg bisulfuro sódico; 1,5 mg tiamina; 6 mg riboflavina; 3 mg piridoxina; 15 µg cianocobalamina; 1,5 mg ácido fólico; 55 mg niacina; 15 mg Ca pantotenato; 180 µg biotina; 600 mg colina; 75 mg Mn; 75 mg Zn; 75 mg Fe; 900 µg Mo; 750 µg Co; 1,6 mg Cu; 105 µg Se; 120 mg Banox (BHA +BHT).

Alimentación de las codornices

El alimento se sirvió diariamente a las 17:00 h; después de 24 h, se retiró el alimento no consumido, se pesó y por diferencia con el alimento servido se obtuvo la cantidad consumida el día anterior; con base en esta cantidad, se incrementó en 10% la cantidad de alimento servido. El CA semanal se obtuvo al sumar la cantidad de alimento consumido durante 7 días. El consumo de alimento por el total de codornices en la jaula se dividió entre el número de aves para obtener el consumo de alimento por ave (CAA). El peso corporal de las aves por jaula, se determinó a los 8; 15; 22 y 29 d de edad. La ganancia de peso semanal se calculó como la diferencia entre el peso al final y al inicio de la semana, entre el número de animales por jaula. La eficiencia alimenticia semanal se obtuvo como la razón de la ganancia de peso y el CA. La eficiencia proteica se calculó como la razón de la ganancia de peso (g) y la proteína consumida (g), de acuerdo con la fórmula: $EP = \frac{\Delta P}{\Sigma AI \times F}$, donde: EP es la eficiencia proteica, ΔP es el incremento de peso (g), ΣAI es el alimento ingerido total y F es el porcentaje de proteína en las dietas/100 [1].

Al final de la prueba se retiró el comedero de las jaulas por 12 h; se seleccionaron al azar cinco aves por jaula (25 por tratamiento) de acuerdo con un muestreo irrestricto aleatorio [29]. Cada ave fue pesada en una báscula digital (Ohaus^{MR};

Voyager Pro; Pine Brook, NJ, EUA, precisión 0,1 g) y sacrificada por decapitación de acuerdo a lo establecido por la NOM-033-ZOO-1995 [30]. En el proceso de faenado se separó la piel y plumas por tracción mecánica, corte de las articulaciones radio-carpiana y tibio-tarsiana, extracción de los órganos, a excepción del corazón y riñones. Se registró el peso del páncreas y la longitud del intestino delgado, el peso de la canal, y se calculó el rendimiento en porcentaje.

Análisis estadístico

Las codornices utilizadas en la prueba se asignaron a los tratamientos en forma aleatoria, la distribución de las mediciones fue compatible con la normal según la prueba de Shapiro-Wilks [8], y la varianza entre tratamientos fue similar con la prueba de Bartlett [35]. Para las variables de consumo de alimento, peso vivo, ganancia de peso, eficiencia alimenticia y eficiencia proteica, se realizó un análisis de mediciones repetidas a través del tiempo [18] por medio del procedimiento PROC MIXED del SAS [34]; las comparaciones de los promedios se realizaron con la prueba de Tukey-Kramer [34]. A los resultados de peso del páncreas y longitud del intestino delgado se les aplicó análisis de covarianza para un diseño completamente aleatorizado con el peso vivo al sacrificio como covariable. La tasa de mortalidad se analizó con la prueba de χ^2

para homogeneidad de proporciones [35]. Para aceptar diferencia estadística las comparaciones se consideraron significativas cuando el valor de P fue $\leq 0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características fisicoquímicas y calidad del garbanzo de descarte. Las características fisicoquímicas y la calidad del garbanzo de descarte utilizado en la prueba de alimentación de codorniz japonesa, se muestran en la TABLA II. Los contenidos de MS (84,7-90,5%), FC (1,2-13,5%), EE (4,0-6,0 %), ELN (50,6-70,9%) y cenizas (2,9-3,3%) se encuentran dentro de los intervalos definidos [5,28,33] para el grano de garbanzo; y el valor de la PC se encuentra en el rango observado (12,6 – 30,5%) para el garbanzo de descarte [11,33]. Dentro de sus componentes se determinó mayor variabilidad en el contenido de FC ($6,77 \pm 2,14\%$; C.V. de 33,35%; datos no mostrados), lo que es una característica del garbanzo de descarte y que depende de una buena selección al momento de la compra. La densidad de partícula de este subproducto no ha sido informada anteriormente y el calibre (peso g/100 semillas) fue 59,37% menor al establecido para el grano de exportación (43 vs. 72 g). La proporción de grano dañado fue superior en 39,5% a la tolerancia máxima de 5% [16]; los principales daños observados fueron el grano inmaduro y el grano quebrado. La mayor cantidad de grano inmaduro implica un menor tamaño del grano lo cual repercute en su contenido de almidón y explica el menor valor de energía metabolizable (2656 Kcal/kg BN) del garbanzo de descarte, comparado con el valor de energía metabolizable (3014 Kcal/kg BN) del grano de garbanzo que previamente ha sido referido [39].

Respuesta productiva de la codorniz japonesa en engorde. Las características de la respuesta productiva de codornices alimentadas con garbanzo de descarte (GD) se muestran en la TABLA III. Se observó que el peso corporal de las codornices al inicio del experimento no fue diferente entre tratamientos ($9,79 \pm 0,13$ g; $P > 0,05$). Al comparar los promedios de peso corporal se observó que las codornices alimentadas con 0 a 45% de GD tuvieron pesos similares ($P > 0,05$), aún cuando el peso corporal tendió a disminuir con el incremento de garbanzo de descarte en la dieta. El peso final disminuyó ($P < 0,05$) en 4,76% al incluir 60% de GD en la dieta. Resultados similares a los de este experimento fueron previamente registrados en pollo de engorde [31], sin observar disminución en el peso corporal con la inclusión de 30% de garbanzo; sin embargo, con 50% de garbanzo el peso disminuyó 6,06%. De igual forma, la inclusión de 50% de garbanzo en la dieta de pollo de engorde causó reducción en el crecimiento [23]. En dietas para pollos de engorde, el grano de garbanzo crudo puede parcialmente reemplazar, hasta en un 12% del total de la dieta a la harina de soja sin afectar a la ganancia de peso, pero efectos negativos en esta variable se presentan cuando se incluye 24% en la dieta [7].

TABLA II
CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y CALIDAD
DEL GRANO DE GARBANZO DE DESCARTE UTILIZADO
EN EL EXPERIMENTO

VARIABLES	Media ^c	DE ^{a,b}
Materia seca, %	92,44	0,07
Composición química (Base húmeda), %		
Proteína cruda (N x 6,25)	20,13	0,67
Fibra cruda	6,77	0,36
Extracto etéreo	6,26	0,18
Cenizas	3,35	0,06
Extracto libre de nitrógeno	54,73	0,15
Energía metabolizable Kcal/kg	2656	13,61
Características físicas		
Densidad, g / L ⁻¹ b	757,25	7,25
Peso de 100 semillas, g ^b	42,75	0,93
Largo, mm ^c	10,39	0,14
Ancho, mm ^c	8,01	0,13
Peso individual del grano, g ^c	0,40	0,02
Calidad (en 100 g de muestra):		
Grano normal, % ^b	54,43	2,38
Grano quebrado, % ^c	20,25	2,59
Grano dañado por insectos, % ^b	3,70	0,60
Grano inmaduro, % ^b	20,53	1,34
Impurezas, % ^{b,d}	1,15	0,25
Total dañado, %	44,48	2,22

^a Desviación estándar; ^b Valores promedio de cuatro observaciones; ^c Valores promedio de 40 observaciones; ^d Palos, partes de vaina, terrones y piedras.

La ganancia de peso disminuyó con el máximo nivel de garbanzo de descarte en la dieta, de tal forma que, las codornices que recibieron 60% tuvieron 5,06% menos ganancia de peso que aquellas que recibieron los tratamientos de 0 a 45% ($P < 0,05$). La disminución de la ganancia de peso, ha sido previamente observada en pollos de engorde alimentados con cantidades crecientes de grano de garbanzo que sustituye a la harina de soja; el mayor efecto se observó cuando el nivel de sustitución rebasó el 30% [39]. Sin embargo, en un estudio previo no hubo efectos adversos sobre la tasa de ganancia en dietas donde se incluyó hasta 36% de garbanzo [14]. La respuesta negativa sobre la ganancia de peso cuando se sustituye garbanzo por harina de soja puede ser un reflejo de la subutilización de la proteína dietética como resultado de los inhibidores de las proteasas contenidos en la semilla de garbanzo [12,32].

El consumo de alimento por ave (CAA) fue similar ($P > 0,05$) entre tratamientos (482,4 g). Contrario a estos resultados, en estudios previos se ha observado disminución del CAA a medida que se incrementa la inclusión de grano de garbanzo a la dieta, efecto que ha sido referido en pollos de engorde alimentados con niveles de 12; 18; 24; 30 ó 36% de gar-

TABLA III
RESPUESTA PRODUCTIVA DE CODORNIZ JAPONESA ALIMENTADA CON CINCO NIVELES DE GARBANZO DE DESCARTE (MEDIAS ± DESVIACIONES ESTÁNDAR)

VARIABLES	Tratamientos ¹					P
	0	15	30	45	60	
Jaulas, n	5	5	5	5	5	
Días	29	29	29	29	29	
PI, g	9,75 ± 0,17	9,87 ± 0,18	9,74 ± 0,05	9,78 ± 0,15	9,83 ± 0,11	>0,05
PF, g	200,8 ^a ± 2,4	201,7 ^a ± 3,5	199,7 ^a ± 3,0	200,0 ^a ± 3,7	191,0 ^b ± 4,8	<0,05
GP, g	191,1 ^a ± 2,5	191,8 ^a ± 3,6	189,9 ^a ± 3,1	190,3 ^a ± 3,7	181,1 ^b ± 4,8	<0,05
CAA, g	486,4 ± 12,1	487,5 ± 10,3	484,8 ± 3,4	483,8 ± 10,9	469,4 ± 12,3	>0,05
EA, g/g	0,390 ± 0,012	0,383 ± 0,008	0,389 ± 0,008	0,389 ± 0,003	0,382 ± 0,010	>0,05
EP, g/g	1,63 ^a ± 0,05	1,60 ^{ab} ± 0,04	1,62 ^{ab} ± 0,03	1,62 ^{ab} ± 0,01	1,59 ^b ± 0,04	<0,05
Mortalidad %	4,0	6,22	4,0	6,22	3,11	>0,05

PI: Peso inicial; PF: peso final; GP: ganancia de peso; CAA: consumo de alimento por ave; EA: eficiencia alimenticia; EP: eficiencia proteica; ¹Nivel de garbanzo de descarte en la dieta. ^{a,b}Medias con literales diferentes en el mismo renglón indican diferencia estadística (P<0,05).

banzo [14], o con niveles de 0; 15; 30 ó 45% [40]. Una posible explicación a la disminución del consumo que ocurre al reemplazar la harina de soja con grano de garbanzo es el mayor contenido de FC del garbanzo, pues valores elevados de FC en la dieta de las aves, disminuye la digestibilidad del alimento e incrementa el tiempo de permanencia en el tracto digestivo ocasionando menor consumo de alimento [3, 9]. Se ha observado que incluir otras leguminosas crudas en dietas para pollo de engorde ocasiona disminución en el consumo de alimento al incrementar el nivel de inclusión. En experimentos donde se usó soya cruda integral (*Glycine max* L.) [4], y chícharo (*Pisum sativum* L.) [40] se registró este efecto, atribuido a los inhibidores de las proteasas contenidos en las semillas [39]. De igual forma, el grano de garbanzo crudo contiene inhibidores de las proteasas [12, 32] y por ello, la respuesta obtenida para estas variables puede atribuirse a que dichas sustancias están presentes.

En el valor de la eficiencia alimenticia (ganancia de peso/consumo de alimento) no se observaron diferencias (P>0,05) entre tratamientos (0,386 g). Al comparar estos resultados con otro experimento donde se incluyó 0; 12; 24; 36 ó 48% de grano de garbanzo crudo en la dieta en reemplazo parcial de la harina de soja, tampoco se observó diferencia en pollo de engorde [14,15]; sin embargo, los resultados difieren a los observados por otros autores, quienes refieren una disminución lineal en la eficiencia alimenticia a medida que se incrementa la cantidad de grano de garbanzo en la dieta de pollo de engorde [39].

La eficiencia proteica (ganancia de peso/consumo de proteína), disminuyó 2,46% (1,63 vs. 1,59 g/g) en respuesta a la inclusión de 60% de garbanzo de descarte. La disminución de la eficiencia proteica observada por la utilización de 60% garbanzo de descarte en la dieta, se atribuye a los inhibidores de las proteasas (tripsina y quimiotripsina) contenidos en la semilla de garbanzo [12, 31], que intervienen en la digestión, en

el aprovechamiento de nutrientes, además promueven la pérdida de proteína endógena y reduce el consumo de alimento [10]. En cuanto al valor de la eficiencia proteica, se han referido valores de 1,54 con dietas de contenido proteico similar a las utilizadas en el presente estudio [22]. La mortalidad ocurrida durante el experimento (4,72%), no fue atribuible a los tratamientos (P>0,05), lo que indica que el garbanzo de descarte puede ser utilizado en dietas para codorniz japonesa en engorde sin detrimento.

La respuesta a los tratamientos en el peso y rendimiento de la canal se muestra en la TABLA IV. El peso de las canales de codornices alimentadas con 0 a 45% de garbanzo de descarte es similar (P>0,05) y fueron 6,35% más pesadas (P<0,05) que las alimentadas con 60% del subproducto. El rendimiento en canal disminuyó (P<0,05) con el incremento de garbanzo de descarte en la dieta por efecto de la ganancia de peso que afectó el peso final de las aves. En los promedios se observa que las codornices alimentadas con 0 a 45% de garbanzo de descarte tuvieron rendimiento en canal similar (P>0,05); en las codornices que consumieron 60% el rendimiento en canal fue 1,16% menor (P<0,05). El rendimiento en canal promedio (60,84%) observado en el presente trabajo se asemeja al 59,71%, registrado en codornices de cuatro semanas de edad [20]. Cuando se incluyó grano de garbanzo crudo a nivel de 12% de la dieta se observó que el rendimiento en canal de pollo de engorde no fue afectado, pero tuvo una influencia negativa en esta variable cuando el nivel de inclusión fue mayor a 24% [7].

El peso del páncreas y la longitud del intestino delgado aumentaron (P<0,05) al incrementar el nivel de garbanzo en la dieta (TABLA V); en las codornices alimentadas con 15; 30; 45 ó 60% de garbanzo de descarte, el peso del páncreas aumentó 19,23; 26,92; 34,61 y 38,46%, respectivamente; y la longitud del intestino delgado incrementó 3,17; 6,45; 3,90 y 5,80%, respectivamente. Resultados similares a los de este experimento han sido previamente descritos [12, 14, 39]. De igual manera,

TABLA IV
PESO Y RENDIMIENTO DE LA CANAL DE CODORNIZ JAPONESA ALIMENTADA CON CINCO NIVELES DE GARBANZO DE DESCARTE (MEDIAS DE CUADRADOS MÍNIMOS ± ERRORES ESTÁNDAR)

Variables	Tratamientos ¹				
	0	15	30	45	60
Réplicas, n	25	25	25	25	25
PV, g	180,8 ± 15,1	188,5 ± 17,6	186,0 ± 14,3	188,5 ± 16,2	176,2 ± 14
PCC, g	111,2 ^a ± 10,5	114,7 ^a ± 10,7	113,2 ^a ± 9,1	114,7 ^a ± 10,1	106,2 ^b ± 9,1
RCC, %	61,4 ^a ± 1,5	60,8 ^a ± 1,4	60,9 ^a ± 1,4	60,8 ^a ± 1,7	60,3 ^b ± 1,3

PV: peso vivo; PCC: peso de la canal caliente; RCC: rendimiento de la canal caliente. ¹Nivel de garbanzo de descarte en la dieta; ^{a,b} Medias con literales diferentes en el mismo renglón indican diferencia estadística (P<0,05).

TABLA V
PESO DEL PÁNCREAS Y LONGITUD DEL INTESTINO DELGADO DE CODORNIZ JAPONESA ALIMENTADA CON CINCO NIVELES DE GARBANZO DE DESCARTE (MEDIAS DE CUADRADOS MÍNIMOS ± ERRORES ESTÁNDAR)

Variables	Tratamientos ¹				
	0	15	30	45	60
Réplicas, n	25	25	25	25	25
PP, g	0,52 ^a ± 0,02	0,62 ^b ± 0,02	0,66 ^{bc} ± 0,02	0,70 ^c ± 0,02	0,72 ^c ± 0,02
LID, cm	63,03 ^a ± 0,96	65,03 ^{ab} ± 0,97	67,10 ^{ab} ± 0,96	65,50 ^b ± 0,97	66,70 ^b ± 0,99

PP: peso del páncreas; LID: longitud del intestino delgado; ¹Nivel de garbanzo de descarte en la dieta; ^{a,b,c} Medias con literales diferentes en el mismo renglón indican diferencia estadística (P<0,05).

diversos autores han observado mayor longitud en el intestino delgado a medida que aumentó la cantidad de grano de garbanzo en la dieta [12, 13, 39]. Esto se atribuye a la presencia de inhibidores de las proteasas contenidos en el garbanzo, que al interferir con la digestión de la proteína al inactivar a la tripsina y quimiotripsina [19], producen un incremento en la secreción de colecistoquinina (CCK) y estimulan al páncreas a liberar mayores cantidades de tripsina y quimotripsina; el aumento en la demanda de enzimas trae como consecuencia la hipertrofia e hiperplasia del páncreas [19, 39]. Por otra parte, el alargamiento del intestino delgado es atribuido, a la presencia de una alta concentración de materiales sin digerir [39] y a la presencia de lectinas en algunas semillas, que provocan un deterioro en el transporte de nutrientes a través de la pared intestinal causando hipertrofia e hiperplasia intestinal [17].

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

Los resultados indican que el garbanzo de descarte en sustitución parcial de harina de soja y grano de maíz molido puede utilizarse hasta 45% en dietas de codorniz japonesa en engorde sin afectar la respuesta productiva ni el rendimiento de la canal. Ello implica dar una alternativa de utilización de este subproducto agrícola, y por tratarse de un grano de descarte, la inclusión de este ingrediente en la alimentación de aves puede contribuir en la disminución de los costos de alimentación.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen al Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología del estado de Sinaloa, el apoyo financiero para la ejecución de este proyecto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. AOAC. Official Methods of Analysis. 15th Ed. Vol. II Edited By Kennet Helrich. Washington, DC. 777-881 pp. 1990.
- [2] BAMPIDIS, V.A.; CHRISTODOULOU, V.; NISTOR, E.; SKAPETAS, B.; NISTOR, G.H. The use of chickpeas (*Cicer arietinum*) in poultry diets: A review. **Lucrari Stiintifice Zootehnie si Biotehologii**. 42:323-330. 2009.
- [3] CÁCERES, J. C.; CEDEÑO, J.L.; TAYLOR, R; OKUMOTO, S. Elaboración y evaluación de una ración alimentaria para pollos de engorde en un sistema bajo pastoreo con insumos del trópico húmedo. **Tierra Trop**. 2:113-120. 2006.
- [4] CASAUBON-HUGUENIN, M.T.; ÁVILA-GONZÁLEZ, E.; VÁZQUEZ-PELÁEZ, C.; TRIGO, F.; LASCUARAIN, R.; ZENTENO, E. The effect of raw full-fat soybean and its lectin on the nutrition and pigmentation of broilers. **J. Agri. Food Chem**. 52:5702-5708. 2004.

- [5] CHAVAN, J.K.; KADAM, S.S.; SALUNKHE, D.K. Biochemistry and technology of chickpea (*Cicer arietinum* L.) seeds. **Crit. Rev. in Food Sci. and Nutr.** 25:107-158. 1986.
- [6] CHAVAN, J.K.; KADAM, S.S.; SALUNKHE, D.K. Chickpea. In: Salunkhe, D.K., S.S. Kadam (Eds). **CRC Handbook of World Food Legumes: Nutritional Chemistry Processing Technology and Utilization**, Vol I. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, USA. 247-288 pp. 1989.
- [7] CHRISTODOULOU, V.; BAMPIDIS, V.A.; HUCKO, B.; ILIADIS, C.; MUDRIK, Z. Nutritional value of chickpeas in rations for broiler chickens. **Archiv Geflugelk.** 70:112-118. 2006.
- [8] CONOVER, W.J. Statistics of the Kolmogorov-Smirnov type. **Practical Nonparametric Statistics**. 3rd Ed. John Wiley and Son Editions Inc. New York, USA. 428-473 pp. 1999.
- [9] CUCA, G.M.; ÁVILA, G.E.; PRO, M.A. La alimentación avícola es crítica. Alimentación de las aves. 8va. Ed. Editorial Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México, D.F. 3-13 pp. 1996.
- [10] DÁVILA, M.A.; SANGRONIS, E.; GRANITO, M. Leguminosas germinadas o fermentadas: alimentos o ingredientes de alimentos funcionales. **Arch. Latinoam. Nutr.** 53:348-354. 2003.
- [11] EL HARDALON, S. B.; SALIH, F.A. Chemical characteristic of 24 cultivars of kabuli type of chickens grown in Sudan. **Legume Res.** 4:14-18. 1981.
- [12] ELICES, R.; VIVEROS, A.; BRENES, A.; BRENES, M.; ARIJA, I. Histological alteration to the pancreas and the intestinal tract produced by Kabuli and Desi chickpea (*Cicer arietinum* L.) diets in growing chickens. **Recent Advances. Res. Antinutrit. Fact. Legume Seeds and Rapeseed.** 93:271-275. 1998.
- [13] ELICES, R.; VIVEROS, A.; PIZARRO, A.; ARIJA, I.; CANALES, R. Effect of inclusion of Kabuli and Desi chickpea (*Cicer arietinum* L.) in corn and wheat-based diets for growing chickens. **Third European Conference on Grain Legumes.** Valladolid, 14-19 Nov. Spain. 3:400-401 pp. 1998.
- [14] FARRELL, D.J.; PEREZ-MALDONADO, R.A.; MANNION, P.F. Optimum inclusion of field peas, faba beans, chick lupins in poultry diets. II. Broiler experiments. **Br. Poult. Sci.** 40:674-680. 1999.
- [15] GARSEN, D.; DOTAS, D.; ANASTASIADOU, M.; NIKOLAKAKIS, I.; MITSOPOULUS, I.; DOTAS, D. Performance and carcass characteristics of broilers as affected by the replacement of soybean meal with chickpeas (*Cicer arietinum* L.). **Proceedings of the 1st. Mediterranean Summit of WSPA: Advances and Challenges in Poultry Science.** Porto Carras, Chalkidiki, Grecia. 7-10 May. 908-912 pp. 2008.
- [16] GÓMEZ, R.M.; GÓMEZ, L.; SALINAS, R. Blanco Sinaloa-92, variedad de garbanzo blanco para exportación. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Culiacán, Sinaloa, México. Folleto técnico No. 24, CEVACU. 20 pp. 2003.
- [17] GUEGUEN, J.; VAN OORT, M.G.; QUILLIEN, L.; HESSING, M. The composition, biochemical characteristics and analysis of proteinaceous antinutritional factors in legume seeds. A review. In: **Recent advances of research in antinutritional factors in legume seeds: Proceedings of de Second International Workshop on 'Antinutritional Factors (ANFs) in Legume Seeds'**. Poel, A.F.B. van der, J. Huisman and H.S. Saini (Eds.). Wageningen, 1-3 Dec. The Netherlands. EAAP Publication No. 70. Wageningen Pers, Netherlands. 9-30 pp. 1993.
- [18] KAPS, M.; LAMBERSON, W. Repeated Measures. **Biostatistics for Animal Science.** CABI Publishing. London, UK. 365-383 pp. 2004.
- [19] LIENER, I. E. Antinutritional factors in legume seeds: state of the art. In: **Recent advances of research in antinutritional factors in legume seeds. Proceedings of the Firts International Workshop on 'Antinutritional Factors (ANF) in Legume Seeds'**. Huisman, J., T.F.B. van der Poel and I.E. Liener (Eds.). Wageningen, The Netherlands. 23-25 Nov. Pudoc Wageningen, Netherlands. 6-13 pp. 1989.
- [20] LOMELÍ, J.J. Efecto de niveles descendentes de proteína en la dieta en la respuesta productiva de codorniz japonesa en engorda. Universidad Autónoma de Sinaloa. México. Tesis de Grado. 30 pp. 2005.
- [21] LUCOTTE, G. Cría de los pollos de codorniz. **La Codorniz: Cría y Explotación.** 2da. Ed. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 59-66 pp. 1990.
- [22] MARKS, H.L. The influence of dietary protein on body weight of japanese quail lines selected under high- and low-protein diets. **Poult. Sci.** 72:1012-1017. 1993.
- [23] MILLER, H.M.; HOLMES, J.H. Grain legumes for broiler production. **Proc. Austral. Poult. Sci. Symp.** Sydney, 20-22 Feb. Australia. 3.38-45. 1992.
- [24] MOIR, K.W.; YULE, W.J.; CONNOR, J.K. Energy losses in the excreta of poultry: a model for predicting dietary metabolizable energy. **Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.** 60:500-507. 1980.
- [25] NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient requirements of Ring-Necked Pheasants, Japanese Quail, and Bobwhite Quail. In: **Nutrient requirements of poultry: 9th Rev. Ed.** National Academy Press, Washington, DC. 44-45 pp. 1994.

- [26] PEREZ, P.F. Producción de carne. **Coturnicultura. Tratado de cría y explotación industrial de codornices**. 2da. Ed. Editorial Científico - Médica. Barcelona, España. 227-253 pp. 1974.
- [27] PEREZ-MALDONADO, R.A.; MANNION, P.F.; FARRELL, D.J. Optimum inclusion of field peas, faba beans, chickpeas and sweet lupins in poultry diets. I. Chemical composition and layer experiments. **Br. Poult. Sci.** 40: 667-673. 1999.
- [28] REDDY, N.R.; PIERSON, M.D.; SATHE, S.K.; SALUNKHE, D.K. Chemical nutritional and physiological aspects of dry bean carbohydrates: A review. **Food Chem.** 13:25-68. 1984.
- [29] SCHEAFFER, R.L.; MENDENHALL, W.; OTT, L. Muestreo irrestricto aleatorio. En: **Elementos de Muestreo**. Grupo Editorial Iberoamérica. México, D.F. 39-76 pp. 1987.
- [30] SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN. Norma Oficial Mexicana NOM-033-ZOO-1995. **Sacrificio humanitario de los animales domésticos y silvestres**. México, D.F. 17 pp. 1995.
- [31] SHARIF, M.N. Chickpeas as a protein feed for broiler chickens. **Zhivotnov "dni-Nauki"**. 24:40-45. 1987.
- [32] SMIRNOFF, P.; KHALEF, S.; BIRK, Y.; APPLEBAUM, S.W. A trypsin and chymotrypsin inhibitor from chickpeas (*Cicer arietinum*). **Biochem. J.** 157: 745-751. 1976.
- [33] SOTELO, A.; FLORES, F.; HERNANDEZ, M. Chemical composition and nutritional value of Mexican varieties of chickpeas (*Cicer arietinum* L.). **Plant Foods Hum. Nutr.** 37:299-306. 1987.
- [34] STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE (SAS). User's Guide Statistics. Cary, North Carolina, EUA. 646 pp. (Version 8,1). 2001.
- [35] STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. Análisis de la varianza II. **Bioestadística: Principios y Procedimientos**. 2da Ed. Editorial McGraw Hill. México. 188-230 pp. 1986.
- [36] TRUJILLO, F.V. Cuadrado de Pearson. **Métodos matemáticos en la nutrición animal**. Editorial McGraw-Hill. México. 21-32 pp. 1987.
- [37] ULLOA, J.A.; VALENCIA, M.E.; GARCÍA, Z.H. Protein concentrates from chickpea: Nutritive value of a protein concentrate from chickpea (*Cicer arietinum*) obtained by ultrafiltration and its potential use in an infant formula. **J. Food Sci.** 43: 1396-1401. 1988.
- [38] VANCHEV, T.; ALEKSIEVA, D.; SHARIF, M.N. Study of efficiency of chickpeas as a protein feed for chickens. **Zhivotnov "dni-Nauki"**. 24:34-39. 1987.
- [39] VIVEROS, A.; BRENES, A.; ELICES, R.; ARIJA, I.; CANALES, R. Nutritional value of raw and autoclaved *Kabuli* and *Desi* chickpeas (*Cicer arietinum* L.) for growing chickens. **Br. Poult. Sci.** 42:242-251. 2001.
- [40] YUSTE, P.; RUBIO, L.A.; BRENES, A. Efecto de la inclusión de semillas de guisante (*Pisium sativum* L.) en la ración sobre los índices productivos y fisiológicos en broilers. **Arch. Zoot.** 38:295-306. 1989.