

## Impacto del transporte de la codorniz japonesa a cuatro edades desde la costa a la sierra peruana en el inicio de la puesta y el rendimiento productivo

### Impact of transporting Japanese quail at four ages from the coast to the Peruvian highlands on the start of laying and productive performance

José Valdivia<sup>1</sup>, Deysi Chilón<sup>1\*</sup>, Lizbeth Zambrano<sup>2</sup>, Lincol Tafur<sup>1</sup>, Manuel Paredes<sup>1</sup>

#### RESUMEN

Se midió el impacto del transporte de la codorniz de cuatro edades (0, 14, 28 y 42 días) desde la costa a la sierra peruana sobre el inicio de la oviposición y rendimiento en la fase de puesta. Las codornices fueron trasladadas desde Lurín (Lima, Perú) ubicado a 14 msnm hacia el valle de Cajamarca a 2743 msnm. Se trabajó con 800 cotupollos hembras recién eclosionadas en Lurín y se formaron cuatro grupos de 200 aves cada uno. Tres grupos fueron instalados en Lurín y un grupo fue llevado a Cajamarca el mismo día del nacimiento. Los otros grupos fueron trasladados a los 14, 28 y 42 días de edad a Cajamarca. A los 42 días de edad, las aves fueron distribuidas por tratamiento a razón de 15 aves por jaula (una jaula = una repetición). Cada tratamiento tuvo seis repeticiones. Las codornices trasladadas a los 14, 28 y 42 días de edad alcanzaron mayores pesos corporales y pesos de huevo al inicio de la puesta, con mayor masa de huevo y mejor tasa de puesta durante la fase productiva. Las codornices trasladadas a los 28 y 42 días de edad iniciaron la puesta a menor edad y con mejor conversión alimenticia en la puesta.

**Palabras clave:** codorniz ponedora, traslado de aves, inicio de puesta, rendimiento productivo

<sup>1</sup> Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias, Universidad Nacional de Cajamarca, Perú

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de Cajamarca, Perú

\* E-mail: demarch.9.lon@gmail.com

Recibido: 1 de julio de 2023

Aceptado para publicación; 13 de febrero de 2024

Publicado: 30 de abril de 2024

©Los autores. Este artículo es publicado por la Rev Inv Vet Perú de la Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) [<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>] que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original

## ABSTRACT

The impact of transporting quail of four ages (0, 14, 28 and 42 days) from the coast to the Peruvian mountains on the onset of oviposition and performance in the laying phase was measured. The quails were moved from Lurin (Lima, Peru) at 14 meters above sea level to the Cajamarca valley at 2743 meters above sea level. A batch of 800 recently hatched female chicks in Lurin to distribute them in four groups of 200 birds each. Three groups were installed in Lurin and one group was taken to Cajamarca on the same day of birth. The other groups were transferred at 14, 28 and 42 days of age to Cajamarca. At 42 days of age, the birds were distributed per treatment at a rate of 15 birds per cage (one cage = one repetition). Each treatment had six repetitions. Quails transferred at 14, 28 and 42 days of age reached higher body weights and egg weights at the beginning of laying, with greater egg mass and better laying rate during the productive phase. Quails transferred at 28 and 42 days of age began laying at a younger age and with better feed conversion at laying.

**Key words:** laying quail, bird transport, start of laying, productive performance

## INTRODUCCIÓN

La codorniz japonesa (*Coturnix coturnix japonica*) es una especie importante para la producción de huevos, particularmente en los países en desarrollo (Rafieian-Naeini *et al.*, 2021), por su bajo costo de mantenimiento, tamaño corporal, resistencia a enfermedades y alta producción de huevos (Baer *et al.*, 2015). La producción de huevos de codorniz en el Perú se realiza en pequeñas granjas, principalmente en la región costera y en algunos valles interandinos.

En la Sierra no se practica la reproducción e incubación de huevos de codorniz, siendo llevadas de los valles de la costa. Esto es debido a la presión barométrica en la altitud que reduce la presión parcial de O<sub>2</sub>, dificultando el desarrollo embrionario y la incubabilidad de los huevos (Zhang *et al.*, 2008).

En la producción avícola, factores como el manejo, la nutrición, el medio ambiente y las enfermedades, pueden causar trastornos fisiológicos (Surai y Fisinin, 2016). El transporte de las codornices jóvenes en pequeñas

cajas de cartón, con un microclima que combina valores altos y variados de temperatura y humedad relativa ocasiona estrés (Lalonde *et al.*, 2021), observándose alta mortalidad de codornices por el traslado desde Lima a Cajamarca. Asimismo, es conocido el efecto negativo del estrés por factores ambientales sobre el rendimiento productivo, consumo de alimento, y respuesta inmunitaria, entre otros, lo cual resulta en enormes pérdidas económicas para la empresa avícola (Brugaletta *et al.*, 2022; Uyanga *et al.*, 2022).

Las codornices japonesas presentan una adecuada capacidad de respuesta al estrés; sin embargo, muestran miedo a nuevos lugares, al contacto humano, encierro, a la tensión social, con respuestas adrenocorticales prolongadas (Jones *et al.*, 2000; Davies, 2016). En este sentido, menores pesos por efecto a la exposición de factores estresantes afectan la pubertad y el desempeño reproductivo (Satterlee y Marín, 2006) y merma en la producción y calidad de huevos (Sahin *et al.*, 2008; Mehaisen *et al.*, 2017). El estrés genera cambios en el eje hipotálamico-pituitario-adrenal, aumentando la concentración de corticosterona (Hayward y Wingfield, 2004).

Se dispone de diversos estudios que han tratado de contrarrestar los efectos del estrés. La suplementación dietética de la Coenzima Q10 tiene efectos beneficiosos sobre algunas características reproductivas de codornices hembra bajo estrés oxidativo (Rafieian-Naeini *et al.*, 2021). La melitina en la dieta mejora los efectos adversos del estrés sobre la función antioxidante, la función inmune, y el rendimiento productivo (Qin *et al.*, 2023). Asimismo, se sugiere controlar la velocidad del aire y temperatura en las jaulas para eliminar el calor de la superficie de las codornices a fin de evitar efectos negativos sobre el desempeño productivo de la ponedora (Santos *et al.*, 2019). Sin embargo, se debe continuar evaluando el efecto de otros estresores en el rendimiento productivo de la codorniz.

Existe la necesidad de investigar el impacto del transporte de la codorniz japonesa a diferentes edades, previo a la fase de oviposición, de una región normobárica (costa peruana) a una zona de condiciones atmosféricas hipobáricas (sierra peruana). Por tanto, se propuso el presente estudio con la finalidad de medir el impacto del transporte de las codornices jóvenes a cuatro edades de crecimiento (0, 14, 28 y 42 días) desde la costa a la sierra peruana sobre el inicio y rendimiento en la fase de puesta.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Aves, Traslado, Instalaciones y Diseño Experimental

El estudio fue realizado en la granja de codornices de la Universidad Nacional de Cajamarca (GCUNC), ubicada en la provincia de Cajamarca, Perú, a 2743 msnm. La fase previa al experimento se realizó en una granja de codornices de propiedad privada ubicada en el distrito de Lurín (Lima, Perú) (GCPLL) a 14 msnm y en la GCUNC. La fase de postura se llevó a cabo íntegramente en la GCUNC. Se adquirieron 800 codornices japonesas (*Coturnix coturnix japonica*)

hembras recién eclosionadas (cotupollos) de la GCPLL y se formaron cuatro lotes de 200 aves cada uno. De estas, tres lotes fueron instalados en la GCPLL, en cercas con calefacción y condiciones ambientales controladas, bajo un sistema de crianza en piso. El cuarto lote fue trasladado a Cajamarca el día del nacimiento.

Las aves se empacaron en una caja de cartón de 67 x 47 x 16 cm, dividida en cuatro cubículos, con 50 cotupollos por cubículo. Las aves fueron llevadas al aeropuerto de la ciudad de Lima a las 8 horas de haber nacido y luego de una hora de viaje aéreo, fueron retiradas del aeropuerto de la ciudad de Cajamarca y recepcionadas en la GCUNC, bajo las mismas condiciones ambientales que las codornices instaladas en la GCPLL. El segundo lote fue trasladado a Cajamarca a los 14 días de edad, bajo las mismas condiciones de horario y vuelo que el primer lote, pero las aves fueron alojadas en dos cajas de cartón sin exceder las 100 aves por caja (25 por cubículo). Se procedió con el tercer y cuarto lote, en forma similar, a los 28 y 42 días de edad, sin exceder 40 aves por caja.

Las codornices se alojaron durante cuatro semanas en cobertizos que contenían un temporizador analógico para el control del fotoperiodo, un regulador de la intensidad de luz y un termómetro para el control de la temperatura tanto en GCUNC como en GCPLL. Durante las tres primeras semanas, el aire del galpón se calentó mediante sistema de calefacción a gas para garantizar el mantenimiento uniforme de la temperatura ambiental, donde en los primeros tres días se mantuvo a  $36 \pm 2$  °C, se redujo a 33 °C del día 3 al 7, a 30 °C en semana 2, a 27 °C en la semana 3 y a 24 °C en la semana 4. Luego, las aves se mantuvieron en condiciones ambientales naturales, registrándose una temperatura media de  $22 \pm 3$  °C en el galpón de la GCPLL, y de  $18 \pm 3$  °C en la GCUNC. Cada lote estuvo equipado con una bombilla fluorescente blanca de 15 watts en la parte superior del galpón para que la intensidad de la

luz sobre las aves fuera de 15 lux (medido con un luxómetro). El fotoperiodo se fijó en 23 h de luz y una hora de oscuridad durante la primera semana, 10 h de luz desde la semana 2 a la 5 y de 17 h de luz a partir de la semana 6.

A los 28 días de edad las aves de los tratamientos con edad de traslado 0, 14 y 28 días, instaladas en Cajamarca, fueron seleccionadas y alojadas en módulos verticales de seis jaulas, cada jaula de 0.60 x 0.54 x 0.22 cm. En cada jaula se alojaron 18 codornices. Luego a los 42 días de edad se retiraron las codornices que fueron sacrificadas para la evaluación de oviductos y por descarte, de tal manera que al inicio de la fase de postura solamente se mantuvieron 15 aves por jaula, siendo cada jaula una repetición. El grupo de aves de 42 días de edad que llegó de Lima, ese mismo día fue alojado, a razón de 15 aves por jaula. Adicionalmente se seleccionaron de este último lote de aves trasladadas a Cajamarca, las que inmediatamente se sacrificaron para la evaluación de los oviductos. Cada tratamiento tuvo 6 repeticiones y 90 aves alojadas al inicio de la postura

Se formularon dietas a base de maíz y soya siguiendo las recomendaciones de Rostagno *et al.* (2017). La dieta de cría para codornices hasta los 14 días de edad tuvo 2856 kcal/kg de energía metabolizable (EM) y 24.36% de proteína cruda (PC); la dieta de recría (15- 42 días) tuvo 2912 kcal/kg de EM y 22.98% de PC; y la dieta en la fase de puesta tuvo 2803 kcal/kg EM y 20.01% PC (Cuadro 1). El agua y el alimento se proporcionaron *ad libitum*. El diseño experimental fue completamente al azar con cuatro tratamientos y seis repeticiones.

### Variabes del Estudio

A los 42 días de edad se registró el peso vivo y peso de oviducto en una balanza KERN (4000 g de capacidad; precisión de 0.01 g). Para esto, 12 animales por grupo experimental fueron seleccionados al azar, sometidos a un ayuno durante 12 h y sacrificados por

dislocación cervical. La abrió la cavidad celómica para acceder al tracto reproductivo. El peso de los oviductos se expresó en términos absolutos y relativos según el peso vivo del ave.

Las variables y mediciones evaluadas fueron:

- La edad de inicio de la puesta se consideró cuando se registró el primer huevo por jaula, observado a las 07:00 de cada día.
- Se determinó el peso promedio del huevo al inicio de la puesta.
- Con los datos de cada jaula se determinaron los promedios de edad al inicio de la puesta y peso del primer huevo.
- La tasa de postura se determinó por la relación entre los huevos puestos y el número de aves en cada jaula, multiplicado por 100.
- Los promedios de consumo de alimento se midieron semanalmente, considerando la oferta menos los residuos recolectados, determinándose la ingesta de alimento en g/ave/día.
- El peso del huevo se determinó utilizando la balanza digital electrónica, indicada previamente.
- El número de huevos se registró diariamente, mientras que la masa del huevo se calculó multiplicando el número de huevos y el peso de cada huevo (g) para todas las repeticiones (jaula) dentro de cada tratamiento.
- La conversión alimenticia se determinó dividiendo los promedios de ingesta de alimento sobre los promedios de masa de huevo por ave.
- De los promedios diarios de peso de huevo/ave, tasa de postura y masa de huevo/ave, se obtuvo los promedios semanales, a partir de los cuales se calcularon los promedios de las 52 semanas por cada repetición.
- De los promedios semanales de ingesta de alimento y conversión alimenticia se determinaron los promedios de cada repetición por tratamiento para todo el experimento.

- La mortalidad se calculó dividiendo el número de aves muertas por el número de aves vivas al inicio del experimento, expresado en porcentaje.
- Se graficó la curva de producción de huevos de cada tratamiento, calculando el promedio de puesta cada cuatro semanas durante las 52 semanas de postura. Se determinó el día de máxima postura de huevos.

### Análisis Estadístico

Se comprobó la distribución normal de los datos mediante prueba de Shapiro-Wilk y luego se sometieron a análisis de varianza. Todos los datos se analizaron mediante los procedimientos GLM del programa estadístico SAS (SAS Institute), bajo diseño completamente al azar. Las diferencias entre las medias de los tratamientos se determinaron mediante la prueba Tukey. El valor de  $p < 0.05$  indicó diferencia estadística.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### *Pesos corporales al final del periodo de crecimiento e inicio de la puesta*

El desempeño productivo de las codornices según tratamiento se presenta en el Cuadro 2. Hubo diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) en todos los parámetros en estudio por efecto de la edad de traslado de las aves desde la costa a la región de la sierra peruana. Las aves criadas íntegramente en el valle de Cajamarca (desde 0 días de edad) alcanzaron similares pesos corporales que las aves transportadas a los 14 días, pero menores pesos que las codornices transportadas a los 28 y 42 días. En forma similar, las codornices trasladadas a los 28 y 42 días mostraron pesos absolutos y relativos de oviducto mayores que las aves trasladadas con edades menores. Asimismo, las codornices llevadas a la sierra en el día de nacimiento presentaron

Cuadro 2. Medias  $\pm$  desviación estándar de los pesos corporal y de oviducto de codornices de 42 días de edad<sup>1</sup>, edades al inicio y pico de puesta<sup>2</sup>, y peso del primer huevo<sup>3</sup> por tratamientos etarios relacionados con el traslado de la codorniz de la costa a la sierra peruana

	Edad de traslado de la codorniz (días)				Valor p
	0	14	28	42	
Peso corporal (g)	144.3 $\pm$ 2.2 <sup>b</sup>	145.7 $\pm$ 0.9 <sup>ab</sup>	147.4 $\pm$ 2.0 <sup>a</sup>	147.9 $\pm$ 1.8 <sup>a</sup>	0.012
Edad al inicio de puesta (días)	46.5 $\pm$ 1.6 <sup>a</sup>	45.7 $\pm$ 1.2 <sup>b</sup>	43.6 $\pm$ 1.0 <sup>c</sup>	43.3 $\pm$ 1.0 <sup>c</sup>	0.006
Edad al pico de puesta (días)	97.8 $\pm$ 1.7 <sup>c</sup>	102.8 $\pm$ 2.0 <sup>b</sup>	130.8 $\pm$ 1.9 <sup>a</sup>	130.2 $\pm$ 2.3 <sup>a</sup>	<0.001
Peso del oviducto (g)	2.86 $\pm$ 0.21 <sup>c</sup>	3.39 $\pm$ 0.33 <sup>c</sup>	4.34 $\pm$ 0.36 <sup>b</sup>	5.35 $\pm$ 0.46 <sup>a</sup>	0.002
Peso relativo del oviducto (%)	1.98 $\pm$ 0.15 <sup>c</sup>	2.33 $\pm$ 0.22 <sup>c</sup>	2.94 $\pm$ 0.25 <sup>b</sup>	3.62 $\pm$ 0.32 <sup>a</sup>	0.005
Peso del primer huevo (g)	8.02 $\pm$ 0.11 <sup>b</sup>	8.21 $\pm$ 0.21 <sup>ab</sup>	8.48 $\pm$ 0.18 <sup>a</sup>	8.69 $\pm$ 0.07 <sup>a</sup>	0.007

<sup>1</sup> Cada valor representa la media de los pesos de 12 codornices por tratamiento

<sup>2</sup> Cada valor representa la media de 6 repeticiones por tratamiento. El valor de cada repetición es el día que se encontró el primer huevo en una jaula (para edad al inicio de puesta) y es el primer día de máxima producción de huevos por jaula (para edad al pico de puesta)

<sup>3</sup> Cada valor representa la media de 6 repeticiones por tratamiento. El valor de cada repetición es el promedio del peso de los huevos encontrados en cada jaula el primer día de puesta

<sup>a,b,c,d</sup> Las medias dentro de una fila que no comparten igual superíndice difieren estadísticamente ( $p < 0.05$ )

mayor demora en el inicio de la oviposición; sin embargo, alcanzaron más rápidamente el pico de postura que las aves que llegaron a Cajamarca con mayor edad. El peso del huevo al inicio de la puesta guarda relación con el peso corporal de las aves.

Estas diferencias podrían deberse a factores tales como la manipulación de las aves en el viaje y las condiciones ambientales naturales a las que fueron sometidas las aves a su llegada al valle de Cajamarca, aunque se debe indicar que se tuvo un control de temperatura para todos los casos durante las tres primeras semanas. El otro factor ambiental ineludible que pudo ocasionar la diferencia de pesos corporales y de oviducto a los 42 días de edad, es la presión barométrica dada la altitud de Cajamarca. Estos hallazgos concuerdan con Cramer *et al.* (2015), quienes evaluaron el crecimiento de ratones en zonas altas y de baja presión atmosférica, encontrando pesos corporales inferiores al de los controles que crecieron en condiciones normobáricas, además de otros cambios fisiológicos, pero sin cambios patológicos macroscópicos de los órganos principales.

El peso corporal y el desarrollo de los órganos reproductivos influenciaron el inicio de la puesta. Las aves con mejor peso corporal y de oviducto a los 42 días de edad ini-

ciaron la oviposición a menor edad que las aves de menor peso. En aves, se sabe que el peso y la longitud del oviducto están relacionadas con la madurez funcional del tracto reproductivo (Renema *et al.*, 2001; Robinson *et al.*, 2001). Los hallazgos muestran que las aves que pasaron mayor tiempo del crecimiento y desarrollo bajo condiciones normobáricas en la costa peruana alcanzaron mejor desarrollo corporal y reproductivo, reflejado en el rápido inicio de la puesta.

Se encontró un retraso en el pico de producción de huevos en todos los tratamientos (entre 13 y 18 semanas de edad), si se compara con los reportes de Bobadilla-Mendez *et al.* (2016) quienes reportan picos de producción en zonas tropicales de Brasil a las 12 semanas de edad. De otro lado, se sabe que el tamaño del huevo se correlaciona positivamente con el peso del ave (Kakhki *et al.*, 2023), por lo que, en el presente estudio, la variación de peso corporal también pudo haber influenciado directamente en el peso del primer huevo.

#### Rendimiento productivo

En el Cuadro 3 se presentan los promedios de cada indicador de desempeño productivo de las codornices evaluadas durante 52 semanas de puesta. Las aves trasladadas

Cuadro 3. Medias del rendimiento productivo de codornices durante 52 semanas de puesta<sup>1</sup> de acuerdo con la edad de traslado de las aves desde la costa a la sierra de Cajamarca

	Edad de traslado de la codorniz (días)				SEM	Valor p
	0	14	28	42		
Peso de huevo (g)	12.36	12.63	12.74	12.68	0.08	0.073
Masa de huevo (g/ave/d)	8.52 <sup>b</sup>	8.93 <sup>ab</sup>	9.56 <sup>a</sup>	9.45 <sup>a</sup>	0.21	0.008
Tasa de puesta (%)	69.03 <sup>b</sup>	71.35 <sup>ab</sup>	74.63 <sup>a</sup>	74.76 <sup>a</sup>	1.35	0.002
Ingesta de alimento (g/ave/d)	29.31	29.49	29.85	29.73	0.06	0.518
Conversión alimenticia	3.46 <sup>a</sup>	3.35 <sup>a</sup>	3.18 <sup>b</sup>	3.17 <sup>b</sup>	0.07	0.042
Mortalidad (%)	14.44	16.67	15.58	16.67	0.53	0.861

<sup>1</sup> Cada valor representa la media de 6 repeticiones. Cada repetición estuvo conformada por las codornices de una jaula

SEM: Error estándar de la media.}

<sup>a,b</sup> Las medias dentro de una fila que no comparten igual superíndice difieren significativamente (p <0.05)

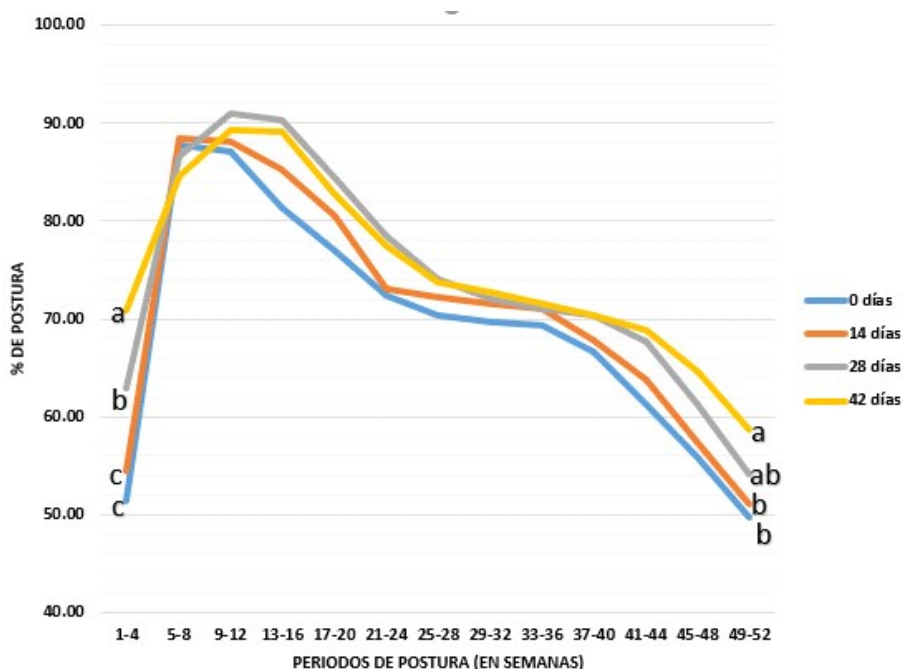


Figura 1. Curvas de producción de huevos de codorniz durante 52 semanas de postura según edad de traslado desde la costa a la sierra peruana. Letras diferentes en los periodos inicial y final de las curvas indican diferencias estadísticas en el porcentaje de postura

en el día de nacimiento tuvieron una disminución en la masa de huevo y tasa de puesta en comparación con los grupos trasladados a los 28 y 42 días de edad. Por otro lado, los grupos de aves trasladados a los 28 y 42 días de edad mostraron el mejor nivel de conversión alimenticia, mientras que no hubo cambios en el peso de huevo, ingesta de alimento y mortalidad entre los cuatro grupos. La Figura 1 muestra comparativamente las cuatro curvas de producción de huevos de codorniz durante las 52 semanas de puesta de acuerdo con las edades de los traslados a la sierra peruana.

Los tratamientos evaluados no influenciaron en el peso del huevo, pero se determinó efectos de la edad del traslado de la codorniz en la masa de huevo producida por ave y en la tasa de puesta, que fueron mejores en las codornices trasladadas a Cajamarca a mayor edad, lo cual coincide también con el mayor peso corporal de las aves al inicio de puesta, y estaría en concordancia con lo

determinado por Heo *et al.* (2023), quienes encontraron mayores tasas de postura en ponedoras que tuvieron condiciones óptimas de crecimiento.

Las condiciones de alojamiento, alimentación y ambientales en el presente estudio fueron similares en los cuatro grupos, así como la temperatura ambiental en la fase de puesta; sin embargo, las aves que llegaron a los 0, 14 y 28 días estuvieron expuestas por mayor tiempo al frío, a diferencia de las aves que llegaron a los 42 días de edad; siendo las bajas temperaturas uno de los principales factores restrictivos que limitan la producción en zonas altas (Wersebe *et al.*, 2019). Se indica que el estrés por frío surge inevitablemente cuando la temperatura ambiente desciende por debajo de los 18 °C, reduciendo la temperatura corporal, pudiendo causar daños irreversibles en los tejidos (Dhanalakshmi *et al.*, 2007). Se ha encontrado que el estrés por frío prolongado provoca daño morfológico en

el duodeno, yeyuno e íleon de las codornices (Fu *et al.*, 2013); sin embargo, en el presente estudio no se encontró diferencias en la ingesta entre tratamientos, pero se determinaron diferencias en la conversión alimenticia, que es un indicador de eficiencia nutricional al medir la cantidad de alimento ingerido por unidad de masa de huevo producido.

## CONCLUSIONES

- Las codornices trasladadas desde la costa a la sierra peruana a los 14, 28 y 42 días de edad alcanzaron mayores pesos corporales y peso de huevo al inicio de la puesta, acumulando mayor masa de huevo y mejor tasa de puesta durante las 52 semanas que duró la fase productiva que aquellas trasladadas en el día de nacimiento.
- Las codornices trasladadas a los 28 y 42 días de edad iniciaron la puesta a menor edad que las trasladadas a los 0 y 14 días, y con mejores índices de conversión alimenticia en la fase de puesta.

## LITERATURA CITADA

1. **Baer J, Lansford R, Cheng K. 2015.** Japanese quail as a laboratory animal 384 model. In: Laboratory animal medicine. 3<sup>rd</sup> ed. Boston, USA: Academic Press. p 1087-1108.
2. **Bobadilla-Mendez MF, Rojas-Granados CP, Andrade EF, Retes PL, Ferreira LG, Alvarenga RR, et al. 2016.** Effect of different light sources on reproductive anatomy and physiology of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). Anim Reprod Sci 168: 50-56. doi: 10.1016/j.anireprosci.2016.02.025
3. **Brugaletta G, Teyssier JR, Rochell SJ, Dridi S, Sirri F. 2022.** A review of heat stress in chickens. Part I: Insights into physiology and gut health. Front Physiol 13: 934381. doi: 10.3389/fphys.2022.-934381
4. **Cramer NP, Xu X, Christensen C, Bierman A, Tankersley CG, Galdzicki Z. 2015.** Strain variation in the adaptation of C57Bl6 and BALBc mice to chronic hypobaric hypoxia. Physiol Behav 143: 158-165. doi: 10.1016/j.physbeh.2015.-01.036
5. **Dhanalakshmi S, Devi RS, Srikumar R, Sundaramahalingam Manikandan S, Thangaraj R. 2007.** Protective effect of triphala on cold stress-induced behavioral and biochemical abnormalities in rats. Yakuga Zasshi 127: 1863-1867. doi: 10.1248/yakushi.127.1863
6. **Davies KJA. 2016.** The oxygen paradox, oxidative stress, and ageing. Arch Biochem Biophys 595: 28-32. doi: 10.1016/j.abb.2015.11.015
7. **Fu J, Liu CP, Zhang ZW, Xing MW, Xu SW. 2013.** Influence of inflammatory pathway markers on oxidative stress induced by cold stress in intestine of quails. Res Vet Sci 95: 495-501. doi: 10.1016/j.rvsc.2013.05.006
8. **Hayward LS, Wingfield JC. 2004.** Maternal corticosterone is transferred to avian yolk and may alter offspring growth and adult phenotype. Gen Comp Endocr 135: 365-371. doi: 10.1016/j.ygcen.2003.-11.002
9. **Heo YJ, Park J, Kim YB, Kwon BY, Kim DH, Song JY, Lee KW. 2023.** Effects of dietary protein levels on performance, nitrogen excretion, and odor emission of growing pullets and laying hens. Poultry Sci 102: 102798. doi: 10.1016/j.psj.2023.102798
10. **Jones RB, Satterlee DG, Waddington D, Cadd GG. 2000.** Effects of repeated restraint in Japanese quail genetically selected for contrasting adrenocortical responses. Physiol Behav 69: 317-324. doi: 10.1016/S0031-9384(00)00204-3
11. **Kakhki RAM, Alfonso-Carrillo C, García-Ruiz AI. 2023.** The impact of digestible lysine and sulfur amino acids on eggshell quality and egg weight control in old ISA brown hens during 62 to 74 weeks. Poultry Sci 102: 102860. doi: 10.1016/j.psj.2023.102860

12. **Lalonde S, Beaulac K, Crowe TG, Schwean-Lardner K. 2021.** The effects of simulated transport conditions on the muscle tissue characteristics of white-strain layer pullets. *Poultry Sci* 100: 103-109. doi: 10.1016/j.psj.2020.09.064
13. **Mehaisen G, Ibrahim RM, Desoky AA, Safaa HM, El-Sayed OA, Abass AO. 2017.** The importance of propolis in alleviating the negative physiological effects of heat stress in quail chicks. *Plos One* 12: e186907. doi: 10.1371/journal.pone.0186907
14. **Qin Q, Li Z, Zhang M, Dai Y, Li S, Wu H, Zhang Z, Chen P. 2023.** Effects of melittin on production performance, antioxidant function, immune function, heat shock protein, intestinal morphology, and cecal microbiota in heat-stressed quails. *Poultry Sci* 102: 102713. doi: 10.1016/j.psj.2023.102713
15. **Rafieian-Naeini HR, Zhandi M, Sadeghi M, Yousefi AR, Benson AP. 2021.** Effects of coenzyme Q10 on reproductive performance of laying Japanese quail (*Coturnix japonica*) under cadmium challenge. *Poultry Sci* 100: 101418. doi: 10.1016/j.psj.2021.101418
16. **Renema RA, Robinson FE, Oosterhoff HH, Feddes JJ, Wilson JL. 2001.** Effects of photostimulatory light intensity on ovarian morphology and carcass traits at sexual maturity in modern and antique egg-type pullets. *Poultry Sci* 80: 47-56. doi: 10.1093/ps/80.1.47
17. **Robinson FE, Renema RA, Oosterhoff HH, Zuidhof MJ, Wilson JL. 2001.** Carcass traits: ovarian morphology and egg laying characteristics in early versus late maturing strains of commercial egg-type hens. *Poultry Sci* 80: 37-46. doi: 10.1093/ps/80.1.37
18. **Rostagno HS, Albino LFT, Hannas MI, Donzele JL, Sakomura NK, Perazzo FG, Saraiva A, et al. 2017.** *Tablas brasileiras para aves e suínos: Composição de alimentos e exigências nutricionais.* UFV. Viçosa, Brasil. 488 p.
19. **Sahin T, Kaya I, Unal Y, Elmali DA. 2008.** Dietary supplementation of probiotic and prebiotic combination (Combiotics) on performance, carcass quality and blood parameters in growing quails. *J Anim Vet Adv* 7: 1370-1373.
20. **Santos TC, Gates RS, Tinoco IFF, Zolnier S, Rocha KSO, Freitas LCSR. 2019.** Productive performance and surface temperatures of Japanese quail exposed to different environment conditions at start of lay. *Poultry Sci* 98: 2830-2839. doi: 10.3382/ps/pez068
21. **Satterlee DG, Marin RH. 2006.** Stressor-induced changes in open-field behavior of Japanese quail selected for contrasting adrenocortical responsiveness to immobilization. *Poultry Sci* 85: 404-409. doi: 10.1093/ps/85.3.404
22. **Surai PF, Fisinin VI. 2016.** Vitagenes in poultry production: Part 1. Technological and environmental stresses. *World's Poultry Sci* 72: 721-734. doi: 10.1017/S0043933916000714
23. **Uyanga VA, Oke EO, Amevor FK, Zhao J, Wang X, Jiao H, Onagbesan OM, Lin H. 2022.** Functional roles of taurine, L-theanine, L-citrulline, and betaine during heat stress in poultry. *J Anim Sci Biotechnol* 13: 23. doi: 10.1186/s40104-022-00675-6.
24. **Wersebe M, Blackwood P, Guo YT, Jaeger J, May D, Meindl G, Ryan SN, Wong V, Hua J. 2019.** The effects of different cold temperature regimes on development, growth, and susceptibility to an abiotic and biotic stressor. *Ecol Evol* 9: 3355-3366. doi: 10.1002/ece3.4957
25. **Zhang H, Wang XT, Chamba Y, Ling Y, Wu CX. 2008.** Influences of hypoxia on hatching performance in chickens with different genetic adaptation to high altitude. *Poultry Sci* 87: 2112-2116. doi: 10.3382/ps.2008-00122