

El huevo de traspatio: características físicas y desempeño en pruebas de incubación artificial

The backyard egg: physical characteristics and performance in artificial incubation tests

Marco Antonio Camacho-Escobar¹, Adelina Vélez-Barradas², Martha Patricia Jerez-Salas³,
Juan Carlos García-López⁴, Serafín Jacobo López-Garrido¹, Edgar Iván Sánchez-Bernal¹,
Monica Marcela Galicia-Jiménez¹, Narciso Ysac Ávila-Serrano^{1*}

¹ Posgrado en Producción y Sanidad Animal, Universidad del Mar Campus Puerto Escondido. Km 1.5 vía Sola de Vega, Puerto Escondido, Mixtepec, Oaxaca, México, C.P. 71981. *Correo electrónico: reval1997@hotmail.com

² Licenciatura en Zootecnia, Universidad del Mar Campus Puerto Escondido.

³ Instituto Tecnológico Valle de Oaxaca.

⁴ Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

*Autor de correspondencia

Resumen

El huevo de traspatio es de tamaño variable, en comparación con el huevo incubable comercial. El objetivo fue incubar huevo de traspatio para conocer las características físicas y desempeño en pruebas de incubación artificial. Se incubaron 1129 huevos: 1002 de gallinas criollas, 68 de gallinas araucanas y 59 de pava. Las variables evaluadas fueron peso, eje longitudinal, diámetro máximo polar, diámetro ecuatorial, diámetro mínimo polar e índice de forma, cascarón quebrado o cascarón sucio, fertilidad, incubabilidad y mortalidad embrionaria total, temprana, intermedia y tardía. El huevo de pava tuvo mayor peso, eje longitudinal, diámetro máximo polar, diámetro ecuatorial, diámetro mínimo polar y fertilidad ($p < 0.05$), también tuvo menor índice de forma que los huevos de gallina criolla y gallina araucana ($p < 0.05$). El huevo de gallina araucana presentó mayor incubabilidad y menor mortalidad embrionaria total ($p < 0.05$). Las características y desempeño del huevo criollo son diferentes al huevo incubable; por ello, los criterios de uniformidad e incubación comercial no le son, precisamente, adecuados para la incubación.

Palabras clave: Gallina araucana; gallina criolla; guajolote; incubabilidad; pava.

Abstract

The backyard egg is small in comparison with the incubating egg. The objective was to incubate backyard eggs to know physical characteristics and performance in artificial incubation tests. 1129 eggs were incubated: 1002 creole hens' eggs, 68 araucana hens' eggs and 59 turkeys' eggs. The evaluated variables were weight, longitudinal axis, maximum polar diameter, equatorial diameter, polar minimum diameter, shape index, broken shell or dirty shell, fertility, hatchability, and total early, intermediate, and late embryonic mortality. The turkey egg had greater weight, length, maximum polar diameter, equatorial diameter, minimum polar diameter and fertility ($p < 0.05$). They also had a lower rate of form than the eggs of the creole and araucanian hens ($p < 0.05$). The araucanian chicken egg showed greater hatchability and lower total embryonic mortality ($p < 0.05$). The characteristics and performance of the creole egg are different from the incubable egg; therefore, the criteria of uniformity and commercial incubation are not, precisely, suitable for incubation.

Keywords: Araucana hen; creole hen; turkey hen, hatchability; guajolote.

Recibido: 4 de septiembre de 2018

Aceptado: 11 de febrero de 2019

Publicado: 30 de octubre de 2019

Como citar: Camacho-Escobar, M. A., Vélez-Barradas, A., Jerez-Salas, M. P., García-López, J. C., López-Garrido, S. J., Sánchez-Bernal, E. I., Galicia-Jiménez, M. M., & Ávila-Serrano, N. Y. (2019). El huevo de traspatio: características físicas y desempeño en pruebas de incubación artificial. *Acta Universitaria* 29, e2381. doi: <http://doi.org/10.15174/au.2019.2381>

Introducción

Una característica de la producción avícola de traspatio es la variabilidad de las aves que componen la parvada. Esta diversidad se encuentra en todos los elementos del sistema: en el genotipo y fenotipo de aves; su número, aptitud productiva y rusticidad; el manejo que se les da, el destino de las aves, entre otras características (Camacho-Escobar, Lira-Torres, Ramírez-Cancino, López-Pozos & Arcos-García, 2016). Las gallinas que se crían en traspatio tienen un origen diverso como razas de doble propósito repartidas por programas gubernamentales, aves de desecho de incubadoras o granjas intensivas; y entre ellas se encuentran las conocidas como *criollas* o *de rancho*, las cuales son las descendientes de las gallinas que introdujeron los españoles a América (Segura-Correa, Jerez-Salas, Sarmiento-Franco & Santos-Ricalde, 2007) y las gallinas mapuche originarias de Sudamérica (Alcalde, 2007; Vallencia, 2011; Wilhelm, 1963). Estas aves son las sobrevivientes de procesos de selección natural, debido a las condiciones ambientales, enfermedades, manejo y alimentación a las que han estado expuestas (Alonso & Ulloa, 1997); dichas condiciones han provocado que desarrollen su rusticidad. Esta selección natural ha propiciado que las actuales aves de los traspatios del país sean resistentes a condiciones de estrés que aves domésticas de otras razas o líneas genéticas no resistirían (Camacho-Escobar, Lira-Torres, Ramírez-Cancino, López-Pozos & Arcos-García, 2016). La diversidad genotípica y fenotípica que presentan las gallinas criollas se expresa en aves con características similares a las razas pesadas, semipesadas y ligeras, con diversos colores o combinación de ellos, así como distintos tipos de plumas y crestas, ausencia total o parcial de plumas, entre otras diferencias (Jerez, 2011). Entre esta diversidad se encuentra también el huevo que dichas gallinas producen. Las características propias del huevo están relacionadas íntimamente con la gallina; el tamaño del ave, así como su edad y el número de huevos que haya producido antes, tienen relación con el tamaño y peso del huevo (Lamazares, Hernández, Nodarse & Díaz, 2006). Es obvio considerar que, para el huevo criollo, los criterios de uniformidad en tamaño y peso utilizados actualmente en la incubación comercial no deben ser necesariamente válidos. Se ha reportado que huevos con tamaño mediano son los más adecuados para incubar (Abiola, Meshioye, Oyerinde & Bamgbose, 2008). Huevos pequeños o grandes no son convenientes en condiciones normales de incubación (Gandarillas, 2008). Sin embargo, el tamaño de la gallina criolla adulta es variable y consecuentemente el tamaño de sus huevos. El huevo de gallinas de traspatio presenta dimensiones reducidas, en comparación con el huevo comercial (Juárez-Caratachea, Gutiérrez-Vázquez, Segura-Correa & Santos-Ricalde, 2010).

Por ello, el objetivo del presente estudio fue estudiar las características físicas y desempeño del huevo criollo en pruebas de incubación artificial, para conocer si los criterios de uniformidad e incubabilidad utilizados en la avicultura comercial le son aplicables.

Materiales y Métodos

La investigación se realizó en el laboratorio de genética de la Universidad del Mar, campus Puerto Escondido. En total se obtuvieron 1129 huevos, de los cuales 1002 huevos fueron de gallinas criollas, 68 huevos de coloración azul-verde, similares a los que ovopositan las gallinas de raza araucana o mapuche, y 59 huevos de pava o guajolota nativa; todos ellos provenientes de traspatios de la región costa de Oaxaca. A partir de la información publicada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2016) sobre población total y tamaño de familia, se realizó una estimación de 14 685 familias en la costa de Oaxaca, de las cuales aproximadamente 70.0% tiene algún tipo de ganadería de traspatio; de estas, el 84.5% poseen algún tipo de avicultura y el 57.5% de ellos también poseen guajolotes (Camacho-Escobar et al., 2006), lo que equivale a 4995 unidades de producción familiar.

Para la estimación del tamaño muestral se consideró la fórmula para muestreo simple al azar propuesta por Mendenhall, Ott & Scheaffer (1995), con magnitud de error estimado de $B = 0.5$:

$$n = \frac{Npq}{(N-1)D + pq}$$

A partir de la fórmula anterior, se estimó que el tamaño mínimo de la muestra debe ser de cuatro productores; sin embargo, se colectaron los huevos de 10 productoras de traspatio de la ciudad de Puerto Escondido y sus alrededores, mediante la técnica de bola de nieve y se realizaron 10 repeticiones. Por lo anterior, las inferencias que se hagan a partir de los resultados obtenidos podrán ser consideradas representativas para la costa de Oaxaca.

La edad de las aves, conformación física, fenotipo, alimentación, tipo de manejo al que eran sometidas, así como estado sanitario y de salud, no fueron considerados al momento de obtener los huevos para el presente estudio, debido a las características de los productores que no tienen identificado el origen preciso de cada huevo, ni la edad o número de huevo ovopuesto por cada ave que conforma su parvada.

El material colectado se clasificó para separar los huevos rotos y sucios; posteriormente, los huevos en condiciones de incubar se desinfectaron con una solución comercial de hipoclorito de sodio al 5% y se limpiaron con toallas desecantes de papel. Los huevos, al ser desinfectados, se colocaron en charolas casilleras de plástico desechables, desinfectadas previamente.

VARIABLES FÍSICAS DEL HUEVO

Para registrar el peso de los huevos, se utilizó una balanza analítica marca ADAM® con capacidad de 250 g y una sensibilidad de 0.0001 g. Para las dimensiones del huevo, se utilizó un calibrador Vernier digital de la marca *Stainless Hardened*® con capacidad de 55 cm y sensibilidad de 0.01 mm. Las variables físicas del huevo que se evaluaron fueron peso, eje longitudinal, diámetro máximo polar, diámetro ecuatorial y diámetro mínimo polar. El índice de forma del huevo se calculó mediante la siguiente fórmula (Yakubu, Ogahd & Barde, 2008):

$$\text{Índice de forma del huevo} = \frac{\text{Ancho del huevo}}{\text{Largo del huevo}} \times 100$$

INCUBACIÓN

La incubación se realizó en una incubadora automática marca COF® para 120 huevos, con nacedora incluida para 100 huevos, volteo y control de temperatura automático, pero sin control automático de humedad. El área de incubación contó con ambiente controlado a 18 °C; en esta área se almacenaron los huevos antes de incubarse. Previo al inicio de la incubación, 24 h antes, la incubadora se desinfectó con una solución de hipoclorito de sodio al 5%.

Al menos tres horas antes de comenzar la incubación, se encendió la incubadora, con la finalidad de que alcanzara una temperatura fija de 37.7 °C y humedad ambiental promedio de 55%. Entre los 5 y 9 días de incubación se realizó la primera ovoscopia con la finalidad de retirar los huevos infértiles y determinar la mortalidad temprana. En el día 18 de incubación, al momento de transferir los huevos a la nacedora, se realizó otra ovoscopia para identificar la mortalidad intermedia y evitar que algún huevo contaminado explotara dentro de la incubadora.

Los huevos separados en ambos momentos de ovoscopia durante la incubación, así como los huevos no eclosionados, fueron identificados con la fecha de inicio y final de la incubación y se mantuvieron en refrigeración; posteriormente, fueron abiertos y se elaboró un embriodiagnóstico que dio pautas presuntivas de las causas de la mortalidad embrionaria en sus diferentes etapas de desarrollo. Se estimó la edad de muerte del embrión, según su desarrollo, y se estableció la posible causa de la muerte del embrión (Juárez, López, López & Ledesma, 2012; Soares, 2008).

Para el presente estudio se consideraron cuatro etapas en las que el embrión podía morir durante su desarrollo. La etapa I abarcó el primer tercio de la incubación (en el caso de huevo de gallina, durante los primeros 7 días de desarrollo embrionario y para huevo de pava o guajolota, los primeros 9 días); la etapa II abarcó el segundo tercio de la incubación (en huevo de gallina, del día 8 hasta el día 14 de incubación; en caso de huevo de pava o guajolota, desde el día 10 hasta el día 19 de incubación); la etapa III abarcó el último tercio de la incubación hasta antes de comenzar la eclosión (en huevo de gallina, del día 15 hasta el día 20 de incubación; en huevo de pava o guajolota, del día 20 al 27 de incubación); la etapa IV abarcó el proceso de eclosión que se presenta en el último día de incubación (en huevo de gallina, durante el día 20 de incubación; y en huevo de pava o guajolota, durante el día 28 de incubación).

Las variables de incubación del huevo que se evaluaron fueron: cascarón quebrado o cascarón sucio, incubabilidad (eclosión), mortalidad total, mortalidad temprana, mortalidad intermedia, mortalidad tardía y fertilidad.

Diseño experimental y análisis estadístico

Los huevos fueron agrupados bajo el criterio de pesos referidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-FF-079-SCFI-2004 (Diario Oficial de la Federación [DOF], 2004), tal como se presenta en la tabla 1.

Tabla 1. Criterio de clasificación por peso del huevo, basado en la Norma Oficial Mexicana NOM-FF-079-SCFI-2004 (DOF, 2004).

Clasificación	Peso mínimo	Peso máximo
Canica	<50.00 g	50.00 g
Chico	>50.00 g	<55.00 g
Mediano	>55.00 g	<60.00 g
Grande	>60.00 g	64.00 g
Extragrande	>64.00 g	---

Fuente: Elaboración propia

Para el análisis estadístico de las variables físicas se realizó un análisis de varianza por el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS/STAT 9.1 (2006), utilizando un diseño completamente al azar con cinco tratamientos (tamaño de huevo). Posteriormente, se compararon las medias de los tratamientos mediante la prueba de Tukey, considerando un nivel de significancia de $p < 0.05$. La información obtenida durante la incubación se reporta como porcentaje (variables discontinuas), es por ello que se utilizó el análisis de J_i^2 utilizando el paquete estadístico SAS/STAT 9.1 (2006).

Resultados

Durante el desarrollo del estudio, se lograron identificar tres tipos de huevos: el de gallina criolla con diferentes grados de coloración marrón; los huevos de gallinas del tipo araucana o mapuche con coloración de cascarón verde-azulosa (Alcalde, 2007; Vallencia, 2011; Wilhelm, 1963); y los huevos de pava

o guajolota nativa que son de coloración marrón claro con puntos más oscuros y de mayor tamaño que los huevos de gallina (figura 1). Debido a esta diferencia entre los huevos encontrados en campo, se decidió reportar de manera separada los resultados de cada tipo de huevo.



Imagen por: Marco Antonio Camacho Escobar

a) Diferentes tonalidades del cascarón de gallina criolla y gallina tipo araucana o mapuche.



Imagen por: Marco Antonio Camacho Escobar

b) Tamaño y forma promedio del huevo de pava o guajolota.

Figura 1. Imágenes de huevos criollos incubados.
Fuente: Elaboración propia

Huevo de gallina criolla

La tabla 2 muestra las variables físicas del huevo de gallina criolla. Debido a su clasificación por tamaño, existieron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre todos los tratamientos en las variables peso, eje longitudinal y diámetro ecuatorial. Todos los grupos de huevo tuvieron igual índice de forma del huevo, el cual estuvo muy cercano al valor de 75 puntos.

Tabla 2. Medias de mínimos cuadrados de variables físicas de huevos de gallinas criollas, colectados en la costa de Oaxaca, México.

Variable	Tamaño del huevo				
	Canica ¹	Chico ²	Mediano ³	Grande ⁴	Extragrande ⁵
N	296	286	218	122	80
Peso (g)	46.09 ^a ± 1.55 EE	52.50 ^b ± 0.06 EE	57.34 ^c ± 0.09 EE	61.79 ^d ± 0.14 EE	66.84 ^e ± 1.46 EE
Eje longitudinal (mm)	53.06 ^a ± 1.74 EE	55.44 ^{ab} ± 1.68 EE	57.08 ^b ± 1.76 EE	58.32 ^b ± 2.07 EE	60.20 ^c ± 1.90 EE
Diámetro máximo polar (mm)	27.24 ^a ± 5.68 EE	27.63 ^a ± 5.39 EE	27.57 ^a ± 5.36 EE	27.23 ^a ± 5.70 EE	26.16 ^a ± 3.54 EE
Diámetro ecuatorial (mm)	39.62 ^a ± 1.27 EE	41.23 ^a ± 1.06 EE	42.41 ^b ± 1.50 EE	43.45 ^b ± 1.96 EE	44.48 ^c ± 1.54 EE
Diámetro mínimo polar (mm)	25.07 ^b ± 5.46 EE	25.24 ^b ± 5.54 EE	25.06 ^b ± 5.30 EE	23.78 ^a ± 4.40 EE	23.11 ^a ± 3.17 EE
Índice de forma del huevo	74.76 ^a ± 1.32 EE	74.46 ^a ± 1.41 EE	74.40 ^a ± 1.43 EE	74.62 ^a ± 1.05 EE	73.98 ^a ± 1.53 EE

EE = Error estándar.

^{a,b,c,d,e} Medias con diferente literal en la misma hilera son diferentes ($p < 0.05$).

Los huevos fueron agrupados bajo el criterio de peso referidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-FF-079-1991, en: ¹Canica = 50 g, ²Chico = >50 g = 55g, ³Mediano = > 55 g = 60 g, ⁴Grande = > 60 g = 64 g, ⁵Extragrande = > 64 g.

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de las variables de incubación de las gallinas criollas se presentan en la tabla 3. La mayor fertilidad ($p < 0.05$) se presentó en el huevo de tamaño mediano. Al considerar la incubabilidad, los huevos grandes y extragrandes tuvieron el mejor comportamiento en esta variable, el cual fue estadísticamente significativo ($p < 0.05$).

Tabla 3. Variables de incubación de huevos de gallinas criollas, colectados en la costa de Oaxaca, México.

Variable	Tamaño del huevo				
	Canica ¹	Chico ²	Mediano ³	Grande ⁴	Extra grande ⁵
N	296	286	218	122	80
Cascarón quebrado o sucio (%)	1.35 ^a ± 0.34 EE	2.10 ^a ± 0.96 EE	2.29 ^a ± 0.80 EE	3.28 ^a ± 0.98	3.75 ^a ± 0.88 EE
Huevo fértil (%)	72.64 ^a ± 3.65 EE	77.27 ^b ± 5.73 EE	80.73 ^c ± 4.21 EE	77.87 ^b ± 3.79 EE	75.00 ^a ± 4.66 EE
Incubabilidad (%)	68.37 ^a ± 6.49 EE	74.21 ^b ± 5.64 EE	74.43 ^b ± 5.86 EE	80.00 ^c ± 6.06 EE	81.67 ^c ± 8.21 EE

EE = Error estándar.

^{a,b,c,d,e} Medias con diferente literal en la misma hilera son diferentes ($p < 0.05$).

Los huevos fueron agrupados bajo el criterio de peso referidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-FF-079-1991, en: ¹Canica = 50 g,

²Chico = >50 g = 55g, ³Mediano = > 55 g = 60 g, ⁴Grande = > 60 g = 64 g, ⁵Extragrande = > 64 g.

Fuente: Elaboración propia

La tabla 4 presenta los resultados de mortalidad embrionaria durante la incubación artificial de huevos de gallinas criollas. Los grupos de huevo grande y extragrande presentaron la menor mortalidad embrionaria total, respecto a los tamaños más pequeños ($p < 0.05$). Al analizar la etapa de desarrollo embrionario, dichos tamaños tuvieron la menor mortalidad en las etapas I y IV, siendo estas diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$). En la etapa II de incubación, los tratamientos mediano, grande y extragrande presentaron la menor mortalidad, cuya diferencia fue significativa ($p < 0.05$). Para la etapa III, los huevos tamaño canica y chico presentaron la menor mortalidad embrionaria ($p < 0.05$).

Tabla 4. Mortalidad embrionaria durante la incubación artificial de huevos de gallinas criollas colectados en la costa de Oaxaca, México.

Variable	Tamaño del huevo				
	Canica ¹	Chico ²	Mediano ³	Grande ⁴	Extra grande ⁵
N	215	221	176	95	60
Mortalidad total (%)	31.63 ^c ± 4.58 EE	25.34 ^b ± 5.73 EE	25.00 ^b ± 4.39 EE	17.89 ^a ± 6.37 EE	16.67 ^a ± 5.33 EE
Mortalidad Etapa I ⁶ (%)	20.00 ^d ± 1.73 EE	15.84 ^c ± 0.85 EE	11.93 ^b ± 1.11 EE	7.37 ^a ± 2.34 EE	6.67 ^a ± 0.92 EE
Mortalidad Etapa II ⁷ (%)	3.26 ^b ± 0.62 EE	2.71 ^b ± 0.06 EE	1.14 ^a ± 1.29 EE	1.05 ^a ± 1.95 EE	1.67 ^a ± 1.40 EE
Mortalidad Etapa III ⁸ (%)	3.72 ^a ± 0.36 EE	4.52 ^a ± 0.52 EE	5.11 ^{ab} ± 1.12 EE	7.37 ^b ± 1.47 EE	6.67 ^b ± 1.69 EE
Mortalidad Etapa IV ⁹ (%)	4.65 ^b ± 2.12 EE	2.26 ^a ± 1.67 EE	6.82 ^c ± 1.44 EE	3.16 ^a ± 1.84 EE	3.33 ^a ± 1.09 EE

EE = Error estándar.

^{a,b,c,d,e} Medias con diferente literal en la misma hilera son diferentes ($p < 0.05$).

Los huevos fueron agrupados bajo el criterio de peso referidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-FF-079-1991, en: ¹Canica = 50 g,

²Chico = >50 g = 55g, ³Mediano = > 55 g = 60 g, ⁴Grande = > 60 g = 64 g, ⁵Extragrande = > 64 g. Se consideraron cuatro etapas en las

que el embrión podía morir durante su desarrollo: ⁶Etapa I abarca el primer tercio de la incubación, los primeros 7 d de desarrollo

embrionario. ⁷Etapa II durante el segundo tercio de la incubación, desde el día 8 hasta el día 14 de incubación. ⁸Etapa III el último

tercio de la incubación hasta antes de comenzar la eclosión, del día 15 hasta el día 20 de incubación. ⁹Etapa IV durante el proceso de

eclosión que se presenta en el día 20 de incubación.

Fuente: Elaboración propia.

Huevo de gallina tipo araucana o mapuche

Respecto a las variables físicas de los huevos de coloración verdosa, la tabla 5 presenta los resultados. Los pesos y ejes longitudinal y transversal son estadísticamente diferentes entre tratamientos ($p < 0.05$). Los

huevos de los tamaños mediano y grande eran redondos, y los de tamaño canica, chico y extragrande tuvieron forma ovoide, siendo estas diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

Tabla 5. Medias de mínimos cuadrados de variables físicas de huevos de gallinas tipo araucana o mapuche colectados en la costa de Oaxaca, México.

Variable	Tamaño del huevo				
	Canica ¹	Chico ²	Mediano ³	Grande ⁴	Extra grande ⁵
N	21	19	11	14	2
Peso (g)	45.92 ^a ±0.63 EE	52.43 ^b ±0.24 EE	58.13 ^c ±0.45 EE	62.17 ^d ±0.23 EE	64.48 ^d ±0.11 DE
Eje longitudinal (mm)	53.65 ^a ±2.06 EE	56.04 ^b ±2.51 EE	55.46 ^b ±1.29 EE	56.60 ^b ±1.91 EE	59.21 ^c ±1.12 DE
Diámetro máximo polar (mm)	25.28 ^a ±3.82 EE	25.31 ^a ±4.08 EE	25.74 ^a ±3.69 EE	26.04 ^a ±5.53 EE	34.67 ^b ±10.37 DE
Diámetro ecuatorial (mm)	39.34 ^a ±1.11 EE	41.19 ^b ±0.51 EE	43.25 ^c ±0.77 EE	44.13 ^c ±0.37 EE	43.57 ^c ±0.81 DE
Diámetro mínimo polar (mm)	23.01 ^a ±4.43 EE	23.42 ^a ±3.10 EE	23.95 ^a ±3.91 EE	23.53 ^a ±3.85 EE	28.44 ^b ±9.28 DE
Índice de forma del huevo	73.47 ^a ±2.02 EE	73.71 ^a ±1.96 EE	78.04 ^b ±2.24 EE	78.07 ^b ±1.58 EE	73.62 ^a ±2.05 DE

EE = Error estándar.

DE = Desviación estándar, se reporta cuando el número de registros impide el cálculo del error estándar.

^{a,b,c,d,e} Medias con diferente literal en la misma hilera son diferentes ($p < 0.05$).

Los huevos fueron agrupados bajo el criterio de peso referidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-FF-079-1991, en: ¹Canica = 50 g,

²Chico = >50 g = 55g., ³Mediano = > 55 g = 60 g., ⁴Grande = > 60 g = 64 g., ⁵Extragrande = > 64 g.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 6 se presentan los resultados de las variables de incubación del huevo de gallinas tipo Araucana o mapuche. El tratamiento que presentó la mayor fertilidad ($p < 0.05$) fue el grupo de huevo extragrande. El huevo con el mayor porcentaje de incubabilidad fue el grupo de huevo tamaño canica, dichas diferencias fueron estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

Tabla 6. Variables de incubación de huevos de gallina tipo araucana o mapuche colectados en la costa de Oaxaca, México.

Variable	Tamaño del huevo				
	Canica ¹	Chico ²	Mediano ³	Grande ⁴	Extra grande ⁵
N	21	19	11	14	2
Cascarón quebrado o sucio (%)	4.76 ^b ±1.58 EE	0.00 ^a ±0.00 EE	0.00 ^a ±0.00 EE	0.00 ^a ±0.00 EE	0.00 ^a ±0.00 DE
Huevo fértil (%)	57.14 ^a ±5.72 EE	78.95 ^b ±4.67 EE	90.91 ^c ±6.67 EE	78.57 ^b ±5.08 EE	100.00 ^d ±0.00 DE
Incubabilidad (%)	91.67 ^d ±4.83 EE	73.33 ^b ±5.87 EE	70.00 ^b ±5.67 EE	81.82 ^c ±6.67 EE	50.00 ^a ±0.00 DE

EE = Error estándar.

DE = Desviación estándar, se reporta cuando el número de registros impide el cálculo del error estándar.

^{a,b,c,d,e} Medias con diferente literal en la misma hilera son diferentes ($p < 0.05$).

Los huevos fueron agrupados bajo el criterio de peso referidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-FF-079-1991, en: ¹Canica = 50 g,

²Chico = >50 g = 55g., ³Mediano = > 55 g = 60 g., ⁴Grande = > 60 g = 64 g., ⁵Extragrande = > 64 g.

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de la mortalidad embrionaria durante la incubación artificial de huevos de gallinas tipo araucana o mapuche se presentan en la tabla 7. El grupo de huevos que tuvo la menor mortalidad total fue el huevo de tamaño canica. La diferencia, con respecto a los otros grupos de huevo, fue estadísticamente significativa ($p < 0.05$). Los huevos grandes y extragrandes presentaron la menor mortalidad en la etapa I; de igual modo, los huevos canica, mediano y extragrande tuvieron la menor mortalidad en la etapa II. Para la etapa III de incubación, el grupo de huevo chico tuvo la mayor mortalidad

embrionaria, y para la etapa IV los grupos de huevo canica, chico y mediano presentaron la menor mortalidad embrionaria. En todos los casos, la diferencia fue estadísticamente significativa ($p < 0.05$).

Tabla 7. Mortalidad embrionaria durante la incubación artificial de huevos de gallinas tipo araucanas o mapuches colectados en la costa de Oaxaca, México.

Variable	Tamaño del huevo				
	Canica ¹	Chico ²	Mediano ³	Grande ⁴	Extra grande ⁵
N	12	16	10	11	2
Mortalidad total (%)	8.33 ^a ±4.33 EE	26.67 ^c ±6.26 EE	30.00 ^c ±5.37 EE	18.18 ^b ±4.72 EE	50.00 ^d ±0.00 DE
Mortalidad Etapa I ⁶ (%)	8.33 ^b ±0.21 EE	6.67 ^b ±0.07 EE	30.00 ^c ±2.33 EE	0.00 ^a ±0.00 EE	0.00 ^a ±0.00 DE
Mortalidad Etapa II ⁷ (%)	0.00 ^a ±0.00 EE	13.33 ^b ±2.58 EE	0.00 ^a ±0.00 EE	9.09 ^b ±2.48 EE	0.00 ^a ±0.00 DE
Mortalidad Etapa III ⁸ (%)	0.00 ^a ±0.00 EE	6.67 ^b ±2.55 EE	0.00 ^a ±0.00 EE	0.00 ^a ±0.00 EE	0.00 ^a ±0.00 DE
Mortalidad Etapa IV ⁹ (%)	0.00 ^a ±0.00 EE	0.00 ^a ±0.00 EE	0.00 ^a ±0.00 EE	9.09 ^b ±1.07 EE	50.00 ^c ±0.00 DE

EE = Error estándar.

DE = Desviación estándar, se reporta cuando el número de registros impide el cálculo del error estándar.

^{a,b,c,d,e} Medias con diferente literal en la misma hilera son diferentes ($p < 0.05$).

Los huevos fueron agrupados bajo el criterio de peso referidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-FF-079-1991, en: ¹Canica = 50 g,

²Chico = >50 g = 55g, ³Mediano = > 55 g = 60 g, ⁴Grande = > 60 g = 64 g, ⁵Extragrande = > 64 g.

Se consideraron cuatro etapas en las que el embrión podía morir durante su desarrollo:

⁶Etapa I abarca el primer tercio de la incubación, los primeros 7 d de desarrollo embrionario.

⁷Etapa II durante el segundo tercio de la incubación, desde el día 8 hasta el día 14 de incubación.

⁸Etapa III el último tercio de la incubación hasta antes de comenzar la eclosión, del día 15 hasta el día 20 de incubación.

⁹Etapa IV durante el proceso de eclosión que se presenta en el día 20 de incubación.

Fuente: Elaboración propia.

Huevo de pava o guajolota

La clasificación por tamaño considerada por la Norma Oficial Mexicana NOM-FF-079-2004 (DOF, 2004) no es adecuada para el huevo de guajolota; por ello, no se tuvieron huevos tamaño canica y los huevos tamaño chico y mediano tuvieron escasa presencia (tabla 8). Los resultados de las variables físicas del huevo de pava o guajolota se presentan en la tabla 8. Como era de esperarse, existieron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre grupos de huevo en las variables peso, ejes longitudinal y transversal, así como diámetro mínimo polar. Los huevos medianos presentaron un índice de forma del huevo mayor a 72, por lo que se consideran normales, mientras que los huevos de los grupos mediano, grande y extragrandes tuvieron valores menores a 70; por esto, se consideran alargados. Las diferencias mostradas entre los huevos normales y alargados son significativas ($p < 0.05$).

Tabla 8. Medias de mínimos cuadrados de variables físicas de huevos de pavas o guajolotas nativas colectados en la costa de Oaxaca, México.

Variable	Tamaño del huevo				
	Canica ¹	Chico ²	Mediano ³	Grande ⁴	Extra grande ⁵
N	0	1	2	3	51
Peso (g)	0	53.81 ^a	59.56 ^b ±1.73 DE	62.74 ^c ±0.40 EE	72.93 ^d ±0.99 EE
Eje longitudinal (mm)	0	57.00 ^a	61.50 ^b ±0.71 DE	61.33 ^b ±4.19 EE	64.94 ^c ±1.85 EE
Diámetro máximo polar (mm)	0	35.00 ^b	28.00 ^a ±0.00 DE	31.67 ^a ±1.07 EE	33.27 ^b ±2.37 EE
Diámetro ecuatorial (mm)	0	44.00 ^a	42.00 ^a ±0.00 DE	43.67 ^b ±1.41 EE	45.80 ^b ±1.02 EE
Diámetro mínimo polar (mm)	0	34.00 ^b	25.00 ^a ±0.00 DE	26.67 ^a ±0.00 EE	28.84 ^a ±2.47 EE
Índice de forma del huevo	0	72.58 ^c	69.87 ^a ± 1.98 DE	70.34 ^a ±2.37 EE	70.92 ^b ±2.04 EE

EE = Error estándar.

DE = Desviación estándar, se reporta cuando el número de registros impide el cálculo del error estándar.

^{a,b,c,d,e}Medias con diferente literal en la misma hilera son diferentes ($p < 0.05$).

Los huevos fueron agrupados bajo el criterio de peso referidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-FF-079-1991, en: ¹Canica = 50 g,

²Chico = >50 g = 55g, ³Mediano = > 55 g = 60 g, ⁴Grande = > 60 g = 64 g, ⁵Extragrande = > 64 g.

Fuente: Elaboración propia

La mayor fertilidad ($p < 0.05$) entre los huevos de pava o guajolota se encontró en el grupo de huevo mediano (tabla 9). La diferencia respecto a los otros grupos de huevos fue estadísticamente significativa ($p < 0.05$). Los grupos de huevo que presentaron mayor porcentaje de incubabilidad ($p < 0.05$) fueron los huevos grandes y extragrandes.

Tabla 9. Variables de incubación de huevos de pavas o guajolotas nativas colectados en la costa de Oaxaca, México.

Variable	Tamaño del huevo				
	Canica ¹	Chico ²	Mediano ³	Grande ⁴	Extra grande ⁵
N	0	1	2	3	51
Cascarón quebrado o sucio (%)	0	0	0.00 ^a ±0.00 DE	5.00 ^b ±0.08 EE	5.88 ^b ±0.147 EE
Huevo fértil (%)	0	80.00 ^a	100.00 ^c ± 0.00 DE	90.00 ^b ±0.03 EE	72.55 ^a ±0.00 EE
Incubabilidad (%)	0	37.50 ^a	50.00 ^b ±0.00 DE	66.67 ^c ±0.67 EE	67.57 ^c ±0.123 EE

EE = Error estándar.

DE = Desviación estándar, se reporta cuando el número de registros impide el cálculo del error estándar.

^{a,b,c,d,e}Medias con diferente literal en la misma hilera son diferentes ($p < 0.05$).

Los huevos fueron agrupados bajo el criterio de peso referidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-FF-079-1991, en: ¹Canica = 50 g,

²Chico = >50 g = 55g, ³Mediano = > 55 g = 60 g, ⁴Grande = > 60 g = 64 g, ⁵Extragrande = > 64 g.

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a la mortalidad embrionaria (tabla 10), determinada por la técnica del embriodiagnóstico, los huevos extragrandes presentaron la menor mortalidad total; esta diferencia fue estadísticamente significativa ($p < 0.05$). La menor mortalidad embrionaria en la etapa I la presentó el huevo mediano y grande. En la etapa III, solamente se incubó un huevo tamaño chico y tres tamaño grande. Los resultados presentados deben considerarse con la reserva del caso. Los grupos de huevo chico y mediano presentaron la menor mortalidad en la etapa IV de incubación. En todos los casos las diferencias fueron significativas.

Tabla 10. Mortalidad embrionaria durante la incubación artificial de huevos de pavas o guajolotas nativas colectados en la costa de Oaxaca, México.

Variable	Tamaño del huevo				
	Canica ¹	Chico ²	Mediano ³	Grande ⁴	Extra grande ⁵
N	0	1	2	3	51
Mortalidad total (%)	0	100.00 ^c	50.00 ^b ±0.00 DE	33.33 ^a ±0.67 EE	58.82 ^b ±1.77 EE
Mortalidad Etapa I ⁶ (%)	0	100.00 ^c	0.00 ^a ±0.00 DE	0.00 ^a ±0.00 EE	13.73 ^b ±0.246 EE
Mortalidad Etapa II ⁷ (%)	0	0.00 ^a	0.00 ^a ±0.00 DE	0.00 ^a ±0.00 EE	0.00 ^a ±0.00 EE
Mortalidad Etapa III ⁸ (%)	0	0.00 ^a	50.00 ^c ±0.00 DE	0.00 ^a ±0.00 EE	13.73 ^b ±2.46 EE
Mortalidad Etapa IV ⁹ (%)	0	0.00 ^a	0.00 ^a ±0.00 DE	33.33 ^c ±0.67 EE	13.73 ^b ±2.46 EE

EE = Error estándar.

DE = Desviación estándar, se reporta cuando el número de registros impide el cálculo del error estándar.

^{a,b,c,d,e}Medias con diferente literal en la misma hilera son diferentes ($p < 0.05$).

Los huevos fueron agrupados bajo el criterio de peso referidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-FF-079-1991, en: ¹Canica = 50 g.,

²Chico = >50 g = 55g., ³Mediano = > 55 g = 60 g., ⁴Grande = > 60 g = 64 g., ⁵Extragrande = > 64 g.

Se consideraron cuatro etapas en las que el embrión podía morir durante su desarrollo:

⁶Etapa I abarca el primer tercio de la incubación, los primeros 9 d.

⁷Etapa II durante el segundo tercio de la incubación, desde el día 10 hasta el día 19 de incubación.

⁸Etapa III el último tercio de la incubación hasta antes de comenzar la eclosión, del día 20 al 27 de incubación.

⁹Etapa IV durante el proceso de eclosión que se presenta en el día 28 de incubación.

Fuente: Elaboración propia.

Comparación del huevo criollo

La tabla 11 contrasta los resultados obtenidos por los huevos de gallina criolla, gallina tipo araucana o mapuche y pava o guajolota. El huevo de pava o guajolota tuvo mayor peso, eje longitudinal, diámetro máximo polar, diámetro ecuatorial y diámetro mínimo polar respecto a los huevos de gallina criolla y de gallina tipo araucana o mapuche ($p < 0.05$). No se encontró diferencia estadística entre las diferentes variables de la forma de huevo de los huevos de gallinas criollas y gallinas tipo araucana o mapuche. En el presente estudio, los huevos de pava o guajolota tuvieron valor menor a 72, lo que los hace alargados, mientras que los huevos de ambos tipos de gallinas tuvieron valor cercano a 75.

Tabla 11. Medias de mínimos cuadrados de variables físicas de diferentes tipos de huevo de traspatio colectados en la costa de Oaxaca, México.

Variable	Gallina criolla	Gallina araucana	Pava o guajolota
N	1,002	68	59
Peso (g)	53.93a ±1.52 EE	53.72a ±0.71 EE	79.81b ±1.56 EE
Eje longitudinal (mm)	55.82a ±1.79 EE	55.40a ±2.21 EE	66.42b ±1.97 EE
Diámetro máximo polar (mm)	27.33a ±5.41 EE	25.80a ±4.98 EE	34.47b ±2.47 EE
Diámetro ecuatorial (mm)	41.54a ±2.09 EE	41.64a ±2.09 EE	47.00b ±1.17 EE
Diámetro mínimo polar (mm)	24.80a ±5.27 EE	23.55a ±4.83 EE	30.42b ±2.50 EE
Índice de forma del huevo	75.52b ±1.78 EE	75.25b ±2.13 EE	70.78a ±1.98 EE

EE = Error estándar.

^{a,b,c,d,e}Medias con diferente literal en la misma hilera son diferentes ($p < 0.05$).

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a las variables de incubación que se presentan en la tabla 12, el huevo de pava o guajolota presentó la mayor fertilidad, respecto a los otros tipos de huevo ($p < 0.05$); sin embargo, el huevo de gallina tipo araucana o mapuche presentó el mayor porcentaje de incubabilidad, siendo esta diferencia significativa estadísticamente ($p < 0.05$).

Tabla 12. Variables de incubación de diferentes tipos de huevo de traspatio colectados en la costa de Oaxaca, México.

	Gallina criolla	Gallina araucana	Pava o guajolota
N	1002	68	59
Cascarón quebrado o sucio (%)	2.20 ^a ±1.09 EE	1.47 ^a ±0.87 EE	3.39 ^a ±1.12 EE
Huevo fértil (%)	76.55 ^a ±2.18 EE	75.00 ^a ±0.67 EE	81.36 ^b ±2.60 EE
Incubabilidad (%)	73.92 ^b ±1.75 EE	76.47 ^c ±1.24 EE	58.33 ^a ±1.49 EE

^{a,b,c,d,e}Diferentes variables en la misma hilera indican diferencias estadísticas ($p < 0.05$).

Fuente: Elaboración propia.

Al estudiar la mortalidad embrionaria (tabla 13), el huevo de gallina tipo araucana o mapuche tuvo la menor mortalidad embrionaria total. Estas diferencias fueron estadísticamente significativas respecto a la mortalidad total de los otros huevos. La mortalidad embrionaria en la etapa I fue menor en el huevo de gallina tipo araucana o mapuche; en la etapa II, la menor mortalidad embrionaria se presentó en el huevo de gallina criolla; en las etapas III y IV, el huevo de gallina tipo araucana o mapuche tuvieron la menor mortalidad embrionaria.

Tabla 13. Mortalidad embrionaria durante la incubación artificial de diferentes tipos de huevo de traspatio colectados en la costa de Oaxaca, México.

	Gallina criolla	Gallina araucana	Pava o guajolota
N	767	51	48
Mortalidad total (%)	25.42 ^b ±2.18 EE	21.57 ^a ±1.34 EE	41.67 ^c ±1.14 EE
Mortalidad Etapa I ¹ (%)	14.34 ^b ±0.78 EE	9.80 ^a ±0.55 EE	12.50 ^b ±0.69 EE
Mortalidad Etapa II ² (%)	2.22 ^a ±2.58 EE	5.88 ^b ±0.27 EE	6.25 ^b ±0.61 EE
Mortalidad Etapa III ³ (%)	4.34 ^a ±0.39 EE	2.00 ^a ±0.90 EE	12.50 ^b ±1.04 EE
Mortalidad Etapa IV ⁴ (%)	4.17 ^a ±0.18 EE	3.92 ^a ±0.97 EE	10.42 ^b ±0.99 EE

EE = Error estándar.

^{a,b,c,d,e}Diferentes variables en la misma hilera indican diferencias estadísticas ($p < 0.05$).

Se consideraron cuatro etapas en las que el embrión podía morir durante su desarrollo:

¹Etapa I abarca el primer tercio de la incubación, en el caso de huevo de gallina durante los primeros 7 d de desarrollo embrionario, y para huevo de pava o guajolota los primeros 9 d.

²Etapa II durante el segundo tercio de la incubación, en huevo de gallina desde el día 8 hasta el día 14 de incubación, en caso de huevo de pava o guajolota desde el día 10 hasta el día 19 de incubación.

³Etapa III el último tercio de la incubación hasta antes de comenzar la eclosión, en huevo de gallina del día 15 hasta el día 20 de incubación, en huevo de pava o guajolota del día 20 al 27 de incubación.

⁴Etapa IV durante el proceso de eclosión que se presenta en el último día de incubación, en huevo de gallina durante el día 20 de incubación, y en huevo de pava o guajolota durante el día 28 de incubación.

Fuente: Elaboración propia.

Discusión

Respecto a las variables físicas del huevo, los pesos, ejes longitudinal y transversal son estadísticamente diferentes entre tratamientos ($p < 0.05$), lo cual es congruente con la clasificación por tamaño de la Norma Oficial Mexicana NOM-FF-079-SCFI-2004 (DOF, 2004). Abudabos, Aljumaah, Algawaan, Al-Somkh & Al-Atiyat (2017) mencionan que los huevos de aves criollas varían en peso y tamaño dependiendo la edad de las gallinas. Juárez-Caratachea *et al.* (2010) reportan que el tamaño promedio del huevo de gallina criolla es menor que el de gallina de línea comercial, mientras que Jerez (1999) reporta que, en pruebas de incubación artificial de huevo criollo, del total de huevo no incubable, 8.97% se seleccionó por ser huevo pequeño (<40 g) y 13.86% por ser huevo grande (>65 g).

Es importante considerar que el rango de peso a considerar para incubar de los huevos de pava o guajolota deben ser diferentes a los de las gallinas, debido a que son animales más grandes y pesados. Scott & Philips (1936) consideran que la variación de peso en el huevo fértil incubable de pavas de la raza Narragansett está entre 67.6 g y 100.0 g. Este rango de peso sobrepasa los pesos registrados en el presente estudio, por lo que es posible que para el huevo incubable de pavas o guajolotas de traspatio se requiera de un rango de peso intermedio entre el propuesto para gallinas y para pavos Narragansett. Por otra parte, Shafey (2002) concluye que se debe poner atención en el tamaño de huevos para tener la máxima incubabilidad, dependiendo de las características de tamaño y peso de las gallinas ponedoras, debido a que existen más de 10 g de diferencia entre el peso promedio de gallinas de líneas especializadas para carne y líneas ligeras para postura.

Todos los grupos de huevo de gallina tuvieron igual índice de forma del huevo, el cual estuvo muy cercano al valor de 75 puntos, considerado normal para el huevo de gallina (Altuntaş & Şekeroğlu, 2008). Valores menores a 72 indican huevos alargados, entre 72 y 76 indican huevos normales (estándar) y valores mayores a 76 indican huevos redondos (González, 1986). Altuntaş & Şekeroğlu (2008) concluyen que los huevos con mayor índice de forma son más resistentes a la ruptura.

No se encontró diferencia estadística entre las diferentes variables de la forma de huevo de los huevos de gallinas criollas y gallinas tipo araucana o mapuche. Estos resultados son contrarios a la comparación entre dos líneas de gallinas de traspatio, reportada por Yakubu *et al.* (2008). De manera similar, Islam & Dutta (2010) y Shaker, Hermiz, Al-Khatib & Mohamed (2016) concluyeron que existen diferencias estadísticas en las variables físicas del huevo al comparar la forma del huevo en diferentes grupos genéticos de gallinas. Las diferencias obtenidas en los resultados entre el presente estudio y los citados por los demás investigadores pueden ser porque, en las condiciones del traspatio de la costa de Oaxaca, las gallinas criollas y las gallinas de tipo araucana o mapuche conviven y se dan cruzamientos entre ambos genotipos, provocando uniformidad en dichas variables del huevo, tal como lo reportaron Malago & Baitilwake (2009); sin embargo, es necesario realizar más investigación al respecto para poder explicar de mejor forma estos resultados. Respecto al índice de forma del huevo, Altuntaş & Şekeroğlu (2008), al realizar pruebas físicas de forma y resistencia del cascarón de huevo de gallina, reportan que el índice de forma del huevo alargado, normal y redondo presentaron valores de 69.78, 73.91 y 77.66, respectivamente.

En el presente estudio, los huevos de pava o guajolota tuvieron valor menor a 72, lo que los hace alargados, mientras que los huevos de ambos tipos de gallinas tuvieron valor cercano a 75, lo cual indica que tienen una forma ovoide (González, 1986). Esta diferencia en el índice de forma del huevo puede indicar que los huevos de pava o guajolota criolla tienen una forma más ovoide que el huevo de gallina criolla o tipo araucana; sin embargo, se requiere hacer más investigación para que esto sea concluyente. Al comparar el índice de forma del huevo entre gallinas criollas locales de Nigeria y gallinas de cuello desnudo, Yakubu *et al.* (2008) reportan que los huevos de gallinas criollas locales son más alargados, lo cual es contrario a lo reportado en el presente estudio.

La variación en el índice de forma que se encontró entre los huevos de gallina y guajolota pueden indicar que los valores de referencia de estas variables pueden ser diferentes entre gallinas y pavos o guajolotes nativos de traspatio; sin embargo, se requiere llevar a cabo mayor investigación al respecto.

La mayor fertilidad ($p < 0.05$) se presentó en el huevo de tamaño mediano de la gallina criolla, lo cual no es congruente con lo reportado por Ulmer-Franco, Franseko & O'Dea (2010), quienes reportan que no hay diferencias en la fertilidad de huevos de gallina de tamaño pequeño, mediano y grande; sin embargo, Tindell & Morris (1964) reportaron que los huevos por debajo del peso medio, son más propensos a presentar menor fertilidad que el resto de los huevos.

El tratamiento que presentó la mayor fertilidad ($p < 0.05$) del huevo de gallinas tipo araucana o mapuche fue el grupo de huevo extragrande; sin embargo, tan solo se incubaron dos huevos de este tamaño. Esta situación hace que se tome con reservas este resultado, pues la cantidad de huevos estudiados puede no ser representativa. Sin embargo, se ha reportado que el huevo de tamaño mediano y grande son adecuados para incubar y obtener adecuados resultados en la etapa de crecimiento del pollo (Egbeyale, Abiola, Sogunle & Ozoje, 2011). El grupo de huevo mediano le siguió con los mejores resultados en fertilidad, al igual que el grupo de huevo extragrande, la diferencia fue estadística lo cual es acorde con lo recomendado para la incubación de huevos fértiles de razas puras o líneas comerciales (Duman & Şekeroğlu, 2017).

La mayor fertilidad ($p < 0.05$), entre los huevos de pava o guajolota; se encontró en el grupo de huevo mediano y grande (tabla 8), lo que contrasta con los resultados reportados por Adeyanju, Abiola, Adegbite & Adenyaju (2014), quienes encontraron que la mejor fertilidad se presentó en huevos pequeños o medianos, siendo estadísticamente diferentes respecto a la fertilidad obtenida de huevos grandes; esto difiere a lo presentado en este estudio. Este señalamiento es acorde a lo publicado por Moran & Reinhart (1981), quienes señalan que los huevos de pava más pesados tenían mayor probabilidad de ser infértiles. La diferencia respecto a los otros grupos de huevos fue significativa; sin embargo, fue un grupo muestral pequeño. El tamaño de la muestra debe hacer que se tomen con reserva los resultados presentados en el presente estudio. El siguiente grupo de huevos que presentó la mayor fertilidad fueron los huevos grandes, siendo esta diferencia significativa ($p < 0.05$).

Narushin & Romanov (2002) consideran que las principales características del huevo que intervienen en el éxito para la eclosión del pollito son, en orden de importancia, el peso del huevo, los parámetros del cascarón, el índice de forma y el contenido. Por ello, al considerar la incubabilidad del huevo de gallina criolla, los huevos grandes y extragrandes tuvieron el mejor comportamiento en este parámetro ($p < 0.05$). Este resultado contradice las recomendaciones de incubación para huevos de líneas comerciales, donde se considera que los huevos de tamaño mediano son los que tienen mejor incubabilidad (Abiola *et al.*, 2008). Los grupos de huevo de pava o guajolota que presentaron mayor porcentaje de incubabilidad fueron los huevos grandes y extragrandes, lo cual coincide con lo publicado por Adeyanju *et al.* (2014) para huevos de codorniz. Es interesante que, en ambos tipos de huevo, el tamaño grande presentara la mejor incubabilidad. Con respecto a esto, Applegate & Lilburn (1996) reportan relación entre el incremento del peso del huevo con el subsecuente incremento en el peso de la yema, ya que esta le provee al embrión mayores reservas energéticas, las cuales pueden ser utilizadas para eclosionar con mayor facilidad.

Comparando la incubabilidad entre los diferentes tipos de huevo, los de gallina tipo araucana o mapuche presentaron el mayor porcentaje de incubabilidad. Esto contrasta con lo reportado por Yakubu *et al.* (2008), quienes indican que no encontraron diferencia en incubabilidad al comparar huevos de gallinas de cuello desnudo (Nana) con gallinas criollas locales. Aparentemente, la incubabilidad del huevo se comporta de diferente manera, dependiendo de la especie que se esté incubando; por ejemplo, Abiola *et al.* (2008) incubando huevos de líneas comerciales de gallina, reporta que los huevos de tamaño mediano son los que tienen mejor incubabilidad. Petek, Baspinar & Ogan (2003) reportan que, para codorniz, los huevos que presentan mejor incubabilidad son los medianos, grande y jumbo. Christensen, Grimes, Wineland & Bagley (2001) reportaron que la edad de las pavas reproductoras está relacionada positivamente con la incubabilidad del huevo, lo cual pudo haber sido un factor que influyera en el presente estudio, debido a que los huevos incubados se obtuvieron del traspatio, sin tener control en la edad de las reproductoras.

Para determinar la causa de la mortalidad embrionaria, es necesario elaborar los embriodiagnósticos que permitan determinar la etapa de crecimiento en que murió el embrión y así generar información que permita corregir las causas atribuibles a dicha mortalidad (Juárez, 2014). Con respecto a esto, Duman &

Şekeroğlu (2017) reportan que los embriones provenientes de los huevos más pesados son los que tienen mayor mortalidad total y durante las diferentes etapas de la incubación, mientras que Ulmer-Franco *et al.* (2010) reportan que no hay diferencias en la incubabilidad de huevos de gallina de tamaño pequeño, mediano y grande; sin embargo, Moran & Reinhart (1981), al estudiar líneas de pavos especializados en engorda, reconocen que los huevos más pesados presentan mayor probabilidad de presentar mortalidad en embriones tardíos.

Las características externas del cascarón del huevo tienen una fuerte influencia por la genética materna y el medio ambiente (Kheirkhah *et al.*, 2017). Las aves de traspatio son rusticas tienen características fenotípicas y genotípicas heterogéneas (Camacho-Escobar *et al.*, 2016). Por ello, los actuales criterios estandarizados para la selección de huevo incubable, no necesariamente son aplicables para el huevo fértil de aves criollas o rusticas, teniendo que ajustarse los criterios al tipo de ave con la cual se trabaje. Es importante considerar que las aves de traspatio tienen características intermedias entre aves silvestres y aves domésticas especializadas (Camacho-Escobar, Pérez-Lara, Arroyo-Ledezma & Jiménez-Hidalgo, 2009) y que, bajo el esquema de producción tradicional, no será posible alcanzar importantes avances productivos.

Conclusiones

Los huevos de pava o guajolota tuvieron mayor peso, eje longitudinal, diámetro máximo polar, diámetro ecuatorial, diámetro mínimo polar y fertilidad; pero tuvieron un menor índice de forma que los huevos de gallinas criollas o tipo araucana. Los huevos de gallinas de tipo araucana presentaron la mayor incubabilidad y la menor mortalidad embrionaria total. Las características físicas del huevo criollo son diferentes, dependiendo de su origen y desempeño. Durante la incubación artificial, también es diferente; por ello, los criterios de uniformidad e incubabilidad utilizados en la incubación comercial no son, necesariamente, adecuados para la incubación de huevo criollo; así como tampoco son adecuados los criterios de clasificación por tamaño del huevo de la Norma Oficial Mexicana, para los huevos de guajolota.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad del Mar el apoyo recibido para la elaboración del presente estudio mediante el proyecto interno *Desarrollo de un protocolo para transferencia de embriones en huevos de aves con clave de Unidad Programática de la UMAR: 2II1302*.

Referencias

- Abiola, S. S., Meshioye, O. O., Oyerinde, B. O., & Bamgbose, M. A. (2008). Effect of egg size on hatchability of broilers chicks. *Archivos de Zootecnia*, 57(217), 83-86.
- Abudabos, A. M., Aljumaah, R. S., Algawaan, A. S., Al-Sornokh, H., & Al-Atiyat, R. M. (2017). Effects of hen age and egg weight class on the hatchability of free range indigenous chicken eggs. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 19(1), 33-40. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9061-2016-0264>
- Adeyanju, T. M., Abiola, S. S., Adegbite, J. A., & Adenyaju, S. A. (2014). Effect of egg size on hatchability on japanese quail (*Coturnix Coturnix Japonica*) chicks. *Journal of Emerging Trends in Engineering and Applied Sciences*, 5(7), 133-135.
- Alcalde, J. A. (2007). Orígenes de la gallina araucana: ¿europea, asiática o polinesia? *Selecciones Avícolas*, 48(19), 639-641.
- Alonso, M. R. A., & Ulloa, A. R. (1997). Hacia un proyecto de investigación en genomas de animales domésticos. *Veterinaria México*, 28(4), 365-370.

- Altuntaş, E., & Şekeroğlu, A. (2008). Effect of egg shape index on mechanical properties of chicken eggs. *Journal of Food Engineering*, 85(4), 606-612. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.08.022>
- Applegate, T. J., & Lilburn, M. S. (1996). Independent effects of hen age and egg size on incubation and poult characteristics in commercial Turkeys. *Poultry Science*, 75(10), 1210-1216. doi: <https://doi.org/10.3382/ps.0751210>
- Camacho-Escobar, M. A., Lira-Torres, I., Ramírez-Cancino, L., López-Pozos, R., & Arcos-García, J. L. (2006). La avicultura de traspatio en la costa de Oaxaca, México. *Ciencia y Mar*, 10(28), 3-11.
- Camacho-Escobar, M. A., Pérez-Lara, E., Arroyo-Ledezma, J., & Jiménez-Hidalgo, E. (2009). Diferencias y similitudes entre guajolote silvestre y de traspatio (*Meleagris gallopavo*). *Temas de Ciencia y Tecnología*, 13(38), 53-62.
- Camacho-Escobar, M. A., Jerez-Salas, M. P., Romo-Díaz, C., Vázquez-Dávila, M. A., & García-Bautista, Y. (2016). La conservación *in situ* de aves en el traspatio oaxaqueño. *Quehacer Científico en Chiapas, Segunda época*, 11(1), 60-69.
- Christensen, V. L., Grimes, J. L., Wineland, M. J., & Bagley, L. G. (2001). Effects of turkey breeder hen age, strain, and length of the incubation period on survival of embryos and hatchlings. *Journal of Applied Poultry Research*, 10(1), 5-15. doi: <https://doi.org/10.1093/japr/10.1.5>
- Diario Oficial de la Federación (DOF). (29 de octubre de 2004). *NMX-FF-079-SCFI-2004 Productos Avícolas–Huevo fresco de gallina-Especificaciones y métodos de prueba (cancela a la NMX-FF-079-1991)*. Secretaría de Economía. Recuperado el 24 de junio de 2018 de http://www.dof.gob.mx/normasOficiales/6267/seeco12_C/seeco12_C.html
- Duman, M., & Şekeroğlu, A. (2017). Effect of egg weights on hatching results, broiler performance and some stress parameters. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 19(2), 255-262. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9061-2016-0372>
- Egbeyale, L. T., Abiola, S. S., Sogunle, O. M., & Ozoje, M. O. (2011). Effect of egg size and strain on growth performance of cockerel. *Agriculture and Biology Journal of North America*, 2(12), 1445-1453. doi: <https://doi.org/10.5251/abjna.2011.2.12.1445.1453>
- Gandarillas, E. D. (2008). Estudio del efecto, tamaño, peso del huevo sobre la incubabilidad de broilers. *Ciencia & Desarrollo*, 12(2008), 53-56. doi: <https://doi.org/10.33326/26176033.2008.12.251>
- González, L. J. (1986). Parámetros fisicoquímicos de la cáscara de huevo: Importancia. En: L. J. González (Ed.). *Parámetros fisicoquímicos de la cáscara del huevo. Importancia* (pp. 28-50). Medellín: Universidad Nacional de Colombia Seccional.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). (2016). *Anuario Estadístico y Geográfico Oaxaca 2016*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), México. Recuperado el 3 de mayo de 2018 http://www.diputados.gob.mx/sedia/biblio/usieg/Anuarios_2016/Oaxaca/REFERENCIAS%20GENERALES.pdf
- Islam, M. S., & Dutta, R. K. (2010). Egg quality traits of indigenous, exotic and crossbred chickens (*Gallus domesticus* L.) in Rajshahi, Bangladesh. *Journal of Life and Earth Science*, 5(2010), 63-67. doi: <https://doi.org/10.3329/jles.v5i0.7352>
- Jerez, S. M. P. (1999). *Huevos y pollos criollos: una tradición alimentaria adecuada*. Oaxaca, México: Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca No. 23- Nazareno Xoxocotlán, Oaxaca.
- Jerez, S. M. P. (2011). *La gallina criolla en los valles centrales de Oaxaca*. Memorias del II Foro Internacional Ganadería de Traspatio y Seguridad Alimentaria. Texcoco, Estado de México.
- Juárez-Caratachea, A., Gutiérrez-Vázquez, E., Segura-Correa, J., & Santos-Ricalde, R. (2010). Calidad del huevo de gallinas criollas criadas en traspatio en Michoacan, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 12(1), 109-115.
- Juárez Estrada, M. A. (2014). Embriodiagnóstico: evaluación causística del fracaso en el desarrollo embrionario durante el proceso de incubación. Parte I. *Los avicultores y su entorno*, 84, 1-8.
- Juárez, E. M. A., López, R. E. I., López, C. S., & Ledesma, N. (Mayo, 2012). *La restricción en la ventilación durante la primera mitad de la incubación en gallinas domésticas afecta el desarrollo y la viabilidad embrionaria*. Memorias de la XXXVII Convención Nacional ANECA 201, Jalisco, México.
- Kheirkhah, Z., Hassani, S., Zerehdaran, S., Ahani Azari, M., Sekhavati, M. H., & Selehinassab, M. (2017). Genetic analyses of egg quality in Khorasan Razavi Native Fowl using the bayesian method. *Poultry Science Journal*, 5(2), 113-121.

- Lamazares, M. C., Hernández, O., Nodarse, L., & Díaz, L. (2006). Influencia del tamaño del pubis y el peso de la ponedora en el tamaño y peso de los huevos. *REDVET, Revista Electrónica de Veterinaria*, 7(10), 1-6.
- Malago, J. J., & Baitilwake, M. A. (2009). Eggs trails, fertility, hatchability and chick survivability of Rhode Island Red, local and crossbred chickens. *Tanzania Veterinary Journal*, 26(1), 24-36. doi: <http://dx.doi.org/10.4314/tvj.v26i1.49230>
- Mendenhall, W., Ott, L., & Scheaffer, R. L. (1995). *Elementary Survey Sampling*. Belmont, California, USA: Duxbury Press.
- Moran, E. T., & Reinhart, B. S. (1981). Breeder flock productivity and egg size effects on broiler turkey performance and carcass quality. *Poultry Science*, 60(12), 2581-2584. doi: <https://doi.org/10.3382/ps.0602581>
- Narushin, V. G., & Romanov, M. N. (2002). Egg physical characteristics and hatchability. *Word's Poultry Science Journal*, 58(3), 297-303. doi: <https://doi.org/10.1079/WPS20020023>
- Petek, M., Baspinar, H., & Ogan, M (2003). Effects of egg wight and length of storage on hatchability and subsequent growth performance of quail. *South African Journal of Animal Science*, 33(4), 242-247. doi: <http://dx.doi.org/10.4314/sajas.v33i4.3780>
- Statistical Analysis Software (SAS) Institute Inc. (2006). *SAS/STAT® 9.1 User's Guide*. NC, USA: Statistical Analysis Software (SAS) Publishing.
- Scott, H. M., & Phillips, R. E. (1936). Egg size in relation to growth of Narragansett turkeys. *Poultry Science*, 15(6), 435-438. doi: <https://doi.org/10.3382/ps.0150435>
- Segura-Correa, J. C., Jerez-Salas, M. P., Sarmiento-Franco, L., & Santos-Ricalde, R. (2007). Indicadores de producción de huevo de gallinas criollas en el trópico de México. *Archivos de Zootecnia*, 56(215), 309-317.
- Shafey, T. M. (2002). Effects of egg size and eggshell conductance on hatchability traits of meat and layer breeder flocks. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 15(1), 1-6. doi: <https://doi.org/10.5713/ajas.2002.1>
- Shaker, A. S., Hermiz, H. N., Al-Khatib, T. R., & Mohamed, R. M. (2016). Egg shape characterization for four genetic groups of Kardish local chickens. *Food and Nutrition Sciences, an International Journal*, 1, 20-25.
- Soares, R. (2008). Diagnóstico embrionario, una importante herramienta de ayuda en la planta de incubación. *Selecciones Avícolas*, 50(4), 23-26.
- Tindell, D., & Morris, D. R. (1964). The effects of egg weight on subsequent broiler performance. *Poultry Science*, 43(3), 534-539. doi: <https://doi.org/10.3382/ps.0430534>
- Ulmer-Franco, A. M., Franseko, G. M., & O'Dea Christopher, E. E. (2010). Hatching egg characteristics, chick quality, and broiler performance at 2 breeder flock ages and from 3 egg weights. *Poultry Science*, 89(12), 2735-2742. doi: <https://doi.org/10.3382/ps.2009-00403>
- Vallencia, L. N. F. (2011). *La gallina criolla colombiana*. Palmira, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Wilhelm, G. O. (1963). Observaciones acerca de la gallina araucana (*Gallus inauris* Castelloi, 1914). *Revista Chilena de Historia Natural*, 55, 93-107.
- Yakubu, A., Ogahd, D. M., & Barde, R. E. (2008). Productivity and egg quality characteristics of free range naked neck and normal feathered Nigerian indigenous chickens. *International Journal of Poultry Science*, 7(6), 579-585.