

© 2022 Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza.

Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas, 25: 1-9, 2022.

<https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2022.509>

Caracterización morfométrica y potencial reproductivo de los huevos de gallinas Criollas Mexicanas (*Gallus gallus domesticus*) dispuestos a incubación artificial

**Abiael Alexis Illescas-Cobos^{1a}, Fernando González-Cerón^{2b}
y Arturo Pro-Martínez^{3c}**

^{1a}Área de Ecología Aplicada, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Campus II, Universidad Nacional Autónoma de México, Av. Guelatao # 66, Col. Ejército de Oriente, Ciudad de México, 09230, México. ^{2b}Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Km. 38.5 Carretera

México – Texcoco, 56230, Estado de México, México. ^{3c}Programa de Ganadería, Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Km. 36.5, Carretera México – Texcoco, 56230, Estado de México, México. E-mails: ^aabiael250@exalumno.unam.mx, ^bfgceron@colpos.mx, ^caproma@colpos.mx

RESUMEN

Las gallinas Criollas Mexicanas presentan una amplia variación en sus características morfométricas que van desde la silueta del ave hasta la forma, peso y talla de los huevos que ponen ofreciendo distintos valores biológicos-productivos. Esta investigación consistió en describir los parámetros morfométricos de sus huevos, así como su potencial reproductivo por incubación artificial. Para ello se recolectaron un total de 2,778 huevos, de una población experimental del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, de los cuales se registraron las medidas correspondientes a la macroestructura y fueron estudiadas mediante el análisis multivariado de cluster. Se dispusieron 2,671 huevos a incubación artificial repartidos en ocho bloques y su desarrollo se describió a través del análisis embriodiagnóstico. Como resultado del cluster se obtuvo un dendrograma con tres grupos, el grupo 2 agrupó a la mayoría de los datos y se considera el estándar morfométrico con medidas promedio de peso = 55.96 g, largo = 5.72 cm, ancho = 4.18 cm, índice de forma = 73, volumen = 51.09 cm³, área = 67.48 cm² y color en escala Zinpro® = 5. A través de la incubación artificial se logró un porcentaje de fertilidad del 76.46% y un porcentaje de nacimiento del 21.61%.

Palabras clave: gallinas criollas, caracterización morfométrica, razas locales, parámetros biológicos-productivos, incubación.

**Morphometric characterization and reproductive potential of Mexican Creole chicken's eggs
(*Gallus gallus domesticus*) intended for artificial incubation**

ABSTRACT

The Creole Mexican chickens present a wide variation of their morphometric characteristics that go from the shape of the bird to the shape, weight, and size of the eggs they lay, offering different biological-productive values. This research consisted of describing the morphometric parameters of their eggs, and their reproductive potential under artificial incubation. For this, 2,778 eggs were collected from an experimental population of the Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, of which the measures corresponding to the macrostructure were recorded and were studied through multivariate cluster analysis. 2,671 eggs were placed for artificial incubation, distributed in eight blocks, and their development was described by embryodiagnostic analysis. As a result of the cluster, a dendrogram with three groups was obtained, group 2 grouped most of the data and could be considered as the morphometric standard with average measurements of weight = 55.96 g, length = 5.72 cm, width = 4.18 cm, egg shape index = 73, volume = 51.09 cm³, area 67.48 cm² and color on the Zinpro® scale = 5. A fertility percentage of 76.46% and a birth percentage of 21.61% were achieved through artificial incubation.

Key words: creole chickens, morphometric characterization, local breeds, biological-productive parameters, incubation.

INTRODUCCIÓN

La crianza de gallinas en México data desde la época conocida como la conquista española, periodo donde estas aves europeas fueron traídas en las embarcaciones porque ocupaban poco espacio, su alimentación no era complicada y además producían huevos para alimento de los tripulantes. Los españoles al arribar al territorio mexicano observaron que sus moradores ya habían desarrollado una avicultura alrededor de la domesticación del guajolote (*Meleagris gallopavo*) a la que incorporaron estas nuevas aves a sus tradicionales sistemas de crianza (Camacho-Escobar *et al.*, 2011; Ángel-Hernández, 2014; Cuca-García, Gutiérrez-Arenas & López-Pérez, 2015).

Desde esa época hasta la actualidad existe una alta frecuencia, en los sectores rurales e indígenas, de familias mexicanas dedicadas a la crianza de gallinas porque les proporciona seguridad alimentaria, integración social e incentiva las economías locales, bajo el sistema tradicional conocido como traspasio, que es un espacio productivo y diverso de campo abierto para la generación de recursos alimentarios de subsistencia (Juárez-Caratachea & Ortiz, 2001; Cuca-García *et al.*, 2015). Estas comunidades rurales manifiestan una mayor preferencia por criar gallinas criollas, que gallinas de razas comerciales o estirpes exóticas promovidas por programas gubernamentales, dado que les asocian mayores adaptaciones ecológicas como lo son, la resistencia a las condiciones de temporalidad atmosférica, la resistencia a las enfermedades emergentes y mejores estrategias ante la depredación (Camacho-Escobar *et al.*, 2011).

Las gallinas Criollas Mexicanas son descritas fenotípicamente como aquellas que no reconocen patrones morfométricos específicos, dado que en su historia de domesticación y adaptación han sido el resultado de múltiples cruces; por ello, expresan alta variabilidad en sus rasgos físicos que van desde la forma de la gallina, su plumaje e inclusive la forma de los huevos que ponen (Cuca-García *et al.*, 2015). Algunas de estas aves presentan ausencia de plumas en el cuello, tarsos emplumados, copete, barbas, multiplicidad de colores, plumas rizadas o lisas (Figura 1), así como la postura de huevos pequeños, medianos o grandes y de colores diversos, aun cuando desciendan del cruce de un solo progenitor.

Sin embargo, aun ante la gran importancia que representan las gallinas Criollas Mexicanas para los sectores campesinos han recibido poca atención en la caracterización de sus parámetros biológicos como la descripción de sus estándares en producción de carne y huevo que permitan considerarlas dentro de programas pecuarios de selección o mejoramiento zoogenético e igual sucede con la generación de nuevas pollitas, a través de alternativas como lo es la incubación artificial, no se ha descrito de forma estandarizada dentro de un programa de producción que ofrezca producir nuevas generaciones con controles de calidad y reducir la dependencia de mantener gallinas en estado

de clueques (empollamiento de huevos). Proceso en el que el ave tiene que desarrollar en primera instancia el instinto por incubar sus huevos, pasar un periodo de 21 días empollándolos y vulnerables al romperse en momentos donde la gallina se levante para alimentarse o por un movimiento imprevisto, durante este periodo también está sujeta a un estrés natural al reducir su alimentación drásticamente y ser susceptible a enfermedades por desnutrición, así como parasitismo que la lleven a su muerte. Posterior al nacimiento de los polluelos pasará por un periodo mayor a 30 días en labor de crianza y recuperación de su peso antes de volver a poner un huevo.

Por lo anterior, esta investigación tuvo como objetivos, el describir las características morfométricas de los huevos puestos por gallinas Criollas Mexicanas y su agrupación con base en su similitud, así como observar el proceso de incubación artificial de los huevos para obtener los porcentajes de fertilidad, muerte embrionaria, porcentaje de nacimiento, pérdida de peso del huevo durante la incubación, y la relación porcentual del peso del huevo incubado y la del pollito al nacer.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de trabajo

La investigación se realizó en las instalaciones avícolas del Programa de Ganadería del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, ubicado en el municipio de Texcoco, Estado de



Figura 1. Ejemplos de algunos fenotipos presentados por gallinas Criollas Mexicanas, donde se observa la diversidad en patrón de plumaje, color de patas, altura y tipo de cresta. a) gallina con mayor cantidad de plumaje de color sólido, ligero patrón de forma alrededor de la cabeza, tarsos emplumados y cresta pequeña en forma de sierra, b) gallina de plumaje rizado de color sólido sin patrones, tarsos sin plumas y cresta grande en forma de sierra. Fotos tomadas de la parvada experimental del Colegio de Postgraduados, Campus Motecillo.

Méjico. La altitud municipal alcanza los 2,250 msnm, su clima se considera templado semiseco, con una temperatura media anual de 15.9 °C y una precipitación media anual de 686.0 mm (INAFED, 2010).

Población de estudio

Los datos alrededor del huevo se obtuvieron a partir de una población experimental de gallinas Criollas Mexicanas, bajo un programa reproductivo de inseminación artificial, con la relación de una hembra por cada macho, 85 gallinas y 85 machos en total, con edad promedio de 30 semanas. Las aves se alimentaron con una dieta a base de maíz y pasta de soya (2,750 kcal de energía metabolizable por kg de alimento y 16% de proteína cruda). Cada ave recibió una ración diaria de alimento de 110 g y el agua se ofreció *ad libitum*. La parvada se mantuvo en una caseta de ambiente natural con cortinas laterales y bajo un régimen de iluminación de 16 h de luz y 8 h de oscuridad. Hembras y machos se alojaron en jaulas individuales de medidas 30 x 40 x 45 cm con comedero y bebedero automático.

Macroestructura del huevo

La variable es el resumen de las medidas morfométricas del huevo: peso, largo, ancho, índice de forma, volumen, área y color (Morita, Boleli & Cargnelutti, 2009). Los huevos se recolectaron diariamente durante el programa reproductivo de (30 días) en dos horarios, a las 11:00 y 17:00 h y se almacenaron a temperatura y humedad ambiente, con un total de 2,778 muestras, cada huevo fue pesado en una báscula GRS-500 Torrey® con capacidad de 500 g y precisión de 0.1 g. El largo y el ancho de los huevos se determinaron con un vernier mecánico Pretul® de 13 cm de longitud máxima y precisión de 0.5 cm. Asimismo, se determinó el color del cascarón de acuerdo con la escala de Zinpro®. El índice de forma se calculó a través de la expresión $IFH = (An/L) \times 100$, donde IFH = índice de forma, An = ancho del huevo y L = largo del huevo, de acuerdo con Duman *et al.* (2016). El volumen (cm^3) y el área (cm^2) se calcularon mediante las expresiones volumen = $0.913 \cdot \text{PesH}$ y área = $4.558 \times (\text{PesH})^{0.67}$, respectivamente, de acuerdo con Etches (1996), en ambos casos, el símbolo PesH corresponde al peso del huevo.

Se realizó un análisis de conglomerados multivariante o *cluster* que reorganiza el conjunto heterogéneo de medidas morfométricas mediante la cuantificación de las relaciones de similitud, en grupos más homogéneos con respecto a las variables medidas (Aldenderfer & Blashfield, 1984) y es sugerido por la FAO (2012) para su aplicación en la caracterización de los recursos genéticos ganaderos. El análisis se llevó a cabo mediante los paquetes estadísticos *ggplot2* y *dplyr* del programa R-Studio (Rstudio, 2020).

Embriodiagnóstico

Los parámetros de mortalidad embrionaria, fertilidad y nacimiento se tomaron de un examen visual conocido como

embriodiagnóstico realizado en tres fases: la primera el doceavo día de incubación (M1), la segunda el día 18 de desarrollo (M2) y una última el día 21 después del nacimiento de los polluelos (M3); se llevó a cabo un marcaje de identificación en los huevos para un seguimiento correcto hasta el nacimiento (González-Cerón, 2011). Los huevos dispuestos a incubación fueron seleccionados con la condición de que no excedieran los 14 días de almacenamiento; las condiciones de temperatura y de humedad relativa en la máquina incubadora fueron de 37.7 °C y de un 50%, respectivamente.

El día 12 y 18 de incubación se realizaron ovoscopías (observación de los huevos incubados a contraluz utilizando una linterna y una cámara obscura), para identificar los huevos infériles, muerte embrionaria y embriones con desarrollo viable. La tercera etapa de observación fue después del momento de la eclosión y conteo de los pollitos nacidos, se identificaron en los huevos restantes a los pollitos que se desarrollaron por completo, pero no lograron realizar el picaje del cascarón, a los pollitos muertos y a los pollitos con malformaciones (Ricaurte, 2005; González-Cerón, 2011).

El porcentaje de nacimiento se obtuvo al dividir el número de pollitos nacidos entre el total de huevos colocados para incubación y multiplicando por 100 y se referenció con el porcentaje de fertilidad obtenido al dividir el número de huevos fecundados entre el número total de huevos multiplicado por 100 (Ricaurte, 2005).

En total se realizaron ocho bloques de incubación con un total de 2,671 huevos, cada bloque de incubación duró 21 días correspondientes al desarrollo embrionario típico del pollito una igualdad en los factores de temperatura, humedad y rotación. Se registraron los valores de porcentaje de fertilidad, M1, M2, M3 y el porcentaje de nacimiento por cada bloque, con base en ellos se calcularon los porcentajes promedio de la población de todo el programa reproductivo de manera similar a los trabajos de Ruiz, Orrego, Reyes & Silva (2016) y González-Ariza *et al.* (2020).

Pérdida de peso del huevo y relación peso del huevo incubado—peso del pollito

Estas dos variables fungen como control de la máquina incubadora, la primera describe el intercambio de gases a través del cascarón durante el proceso de incubación, lo que implica la pérdida de agua, la liberación de calor, así como la formación de la cámara de aire y se obtuvo de la resta del peso del huevo al día 18 contra el día cero de incubación representada en porcentaje. Después de la eclosión de los polluelos, se calculó la segunda variable a través de la división del peso del huevo incubado al día cero entre el peso del pollito al día cero, multiplicados por 100; esta variable describe la calidad del pollito nacido (González-Cerón, 2011; Wilson, 1991).

En promedio y con el fin de obtener un desarrollo óptimo del embrión, un huevo debería de perder durante los primeros 18 días de incubación entre un 12 a un 13% de su peso original (González-Cerón, 2011). El peso ideal para un huevo dispuesto a incubación es de los 50 a 65 g, en cuanto al peso del pollito varía con respecto al tamaño del huevo, por variación del genotipo y la correcta pérdida de peso durante la incubación. El peso promedio para pollitos de gallinas criollas debe de estar en el intervalo de 34 g a los 45 g al día cero de nacimiento, y la relación del pollito al nacer con respecto al peso del huevo incubado debe de ser de 62 a 76%. (Juárez-Caratachea *et al.*, 2010; Wilson, 1991).

Se registró la pérdida de peso del huevo en cada uno de los 8 bloques de incubación y se calculó el promedio del conjunto de datos. Al término de cada bloque se pesaron los pollitos en el día cero de nacimiento para obtener el peso promedio por bloque.

Tabla I. Medidas morfométricas de huevos de gallinas Criollas Mexicanas, donde P = Peso, L = Largo, AN = Ancho, C = Color, IF = Índice de Forma, V = Volumen, A = Área; y MIN, M, MAX corresponden, respectivamente, al valor mínimo, promedio y máximo del conjunto de datos de N = 2778. Para la variable C el valor corresponde a la moda.

	P (g)	L (cm)	AN (cm)	C (Zinpro)	IF	V (cm ³)	A (cm ²)
MIN	26.90	4.10	2.00	1	46.51	24.56	41.37
M	57.23	5.76	4.19	2	72.97	52.25	68.55
MAX	91.60	7.30	5.90	8	91.07	83.63	94.03

RESULTADOS

Macroestructura del huevo

Del total de huevos colectados se obtuvieron las medidas morfométricas correspondientes (Tabla I) y se llevó a cabo el análisis cluster, del que resultó un dendrograma con tres grupos (Figura 2). El grupo 1 conglomeró 777 huevos cuya característica principal de disimilitud con respecto al grupo 2 y 3 es el color del cascarón con huevos de escalas Zinpro® 1 y 2, y el índice de forma es la única característica de la media de igual valor que comparte con los otros dos grupos. En el grupo 2 se concentraron 1,090 huevos con la mayor gama de colores de cascarón y de tonalidad según las escalas Zinpro® del 4 al 8, en este grupo se albergan las menores medidas promedio de peso, largo, ancho, volumen y área. Para el grupo 3 se agruparon los 911 huevos restantes que a diferencia del grupo 2 es donde se encuentran las mayores medidas promedio correspondientes a la macroestructura del huevo, en la característica de color se

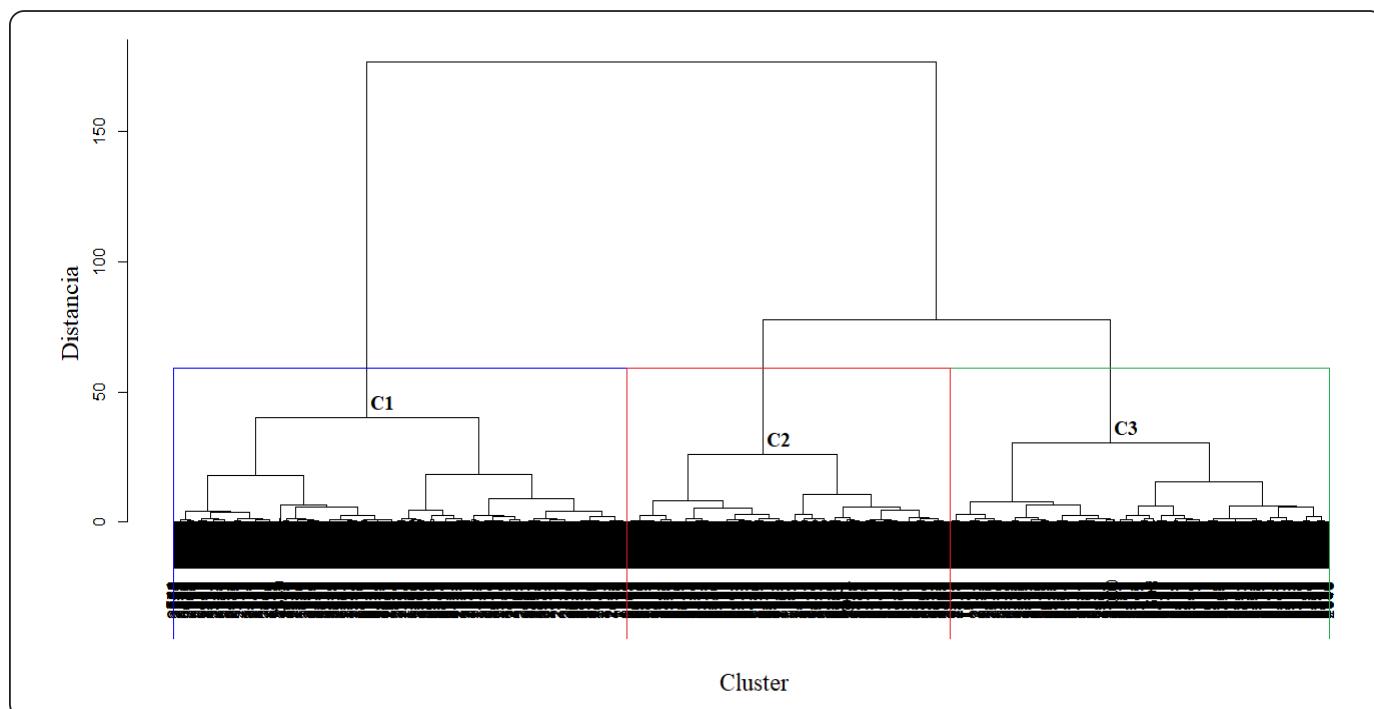


Figura 2. Dendrograma de la macroestructura del huevo de gallinas Criollas Mexicanas obtenido a través del análisis multivariado de cluster. Se observan tres grupos principales de conglomerados C1, C2 y C3.

concentraron todos cuya escala fue de 3, sin embargo, también hubo huevos en la escala de 4 (Tabla II).

Embriodiagnóstico

Los valores de fertilidad, M1, M2 y M3 fueron de 76.46%, 27.59%, 3.78% y 24.90% respectivamente y el porcentaje de nacimiento logrado fue de un 21.61% (Tabla III).

Pérdida de peso del huevo y relación peso del huevo incubado—peso del pollito

Los bloques 3, 5 y 7 estuvieron fuera del rango óptimo para incubación con valores de 11.41, 13.45 y 11.85, los bloques restantes 1, 2, 6 y 8 estuvieron dentro del rango óptimo de pérdida de peso (Figura 3). Los pesos de los pollitos nacidos en el bloque 1 con un valor mínimo de 36.53 g, mientras que los mejores pesos se obtuvieron en los bloques 6 y 8 con valores de 38.44 g y 38.54 g respectivamente, en ningún bloque los pesos registrados estuvieron fuera del parámetro óptimo de calidad (Figura 4). Los valores de porcentaje de relación peso del huevo incubado con respecto al peso del pollito obtenido al nacer se ven en la Figura 5, todos los valores estuvieron dentro del intervalo de control óptimo.

DISCUSIÓN

Este es el primer estudio realizado para conocer cuáles son las variantes morfométricas presentes en los huevos de las gallinas Criollas Mexicanas al considerar su alta variación fenotípica. El primer grupo estuvo definido por conglomerar un 27.97% de huevos cuya escala de color Zinpro® fue de 1 y 2, posicionándose como un grupo de interés en la selección comercial para la producción de huevos de color blanco. Sin embargo, las tonalidades afines al color blanco tienen una menor aceptación en el mercado como huevos provenientes de gallinas criollas y por una falsa mercadotecnia para preferir el huevo de tonalidad marrón (Paredes, Romero, Torres, Vallejos & Mantilla, 2019; Rodríguez-Ortega *et al.*, 2020). Otro aspecto alrededor de la variable de color son las investigaciones relacionadas con el éxito al incubar los huevos de gallinas Broiler y Guinea, donde se reportó que los colores de tonalidades más claras tienen menor tasa de eclosión producto de un cascarón con mayor grosor que conlleva a una menor pérdida de peso durante la incubación (Şekeroğlu & Duman, 2011; Eleroglu, Yildirim, Duman & Okur, 2016). El peso del huevo promedio del grupo fue de 57.14 g; según la Norma Mexicana los huevos se pueden clasificar con respecto al peso en: a) extragrande > 64 g, b) grande de 60 a

Tabla II. Medidas morfométricas promedio de los tres principales grupos obtenidos mediante el análisis multivariado de cluster para huevos de gallinas Criollas Mexicanas, donde N = Número de huevos, P = Peso, L = Largo, AN = Ancho, IF = Índice de Forma, V = Volumen y A = Área. C = Color, La variable C incluye todas las escalas conglomeradas, en color rojo la escala moda del conjunto. Se muestran las medidas máximas en negritas.

Cluster	N	P (g)	L (cm)	AN (cm)	C (Zinpro)	IF	V (cm ³)	A (cm ²)
1	777	57.14	5.76	4.18	1, 2	73	52.17	68.47
2	1090	55.96	5.72	4.18	4, 5, 6, 7, 8	73	51.09	67.48
3	911	58.63	5.80	4.21	3, 4	73	53.53	69.67

Tabla III. Resultados del análisis embriodiagnóstico para los bloques dispuestos a incubación del programa reproductivo de gallinas Criollas Mexicanas, N = Número de huevos, F = Índice de fertilidad, M1, M2 y M3 corresponden a la muerte embrionaria al día 12, al día 18 y al día 21, NAC = Éxito de nacimiento. En negritas el porcentaje promedio de los ocho bloques de incubación.

Bloque	N	F (%)	M1 (%)	M2 (%)	M3 (%)	NAC (%)
1	291	70.45	19.24	8.59	24.40	18.21
2	282	69.50	33.33	3.19	26.24	18.09
3	284	77.11	19.01	5.63	27.46	25.00
4	222	75.23	34.23	3.60	19.82	17.57
5	432	68.06	23.15	3.24	20.37	21.30
6	324	82.72	27.78	0.31	30.56	24.07
7	402	86.57	33.08	1.49	29.60	22.39
8	434	82.03	30.88	4.15	20.74	26.27
		76.46	27.59	3.78	24.90	21.61

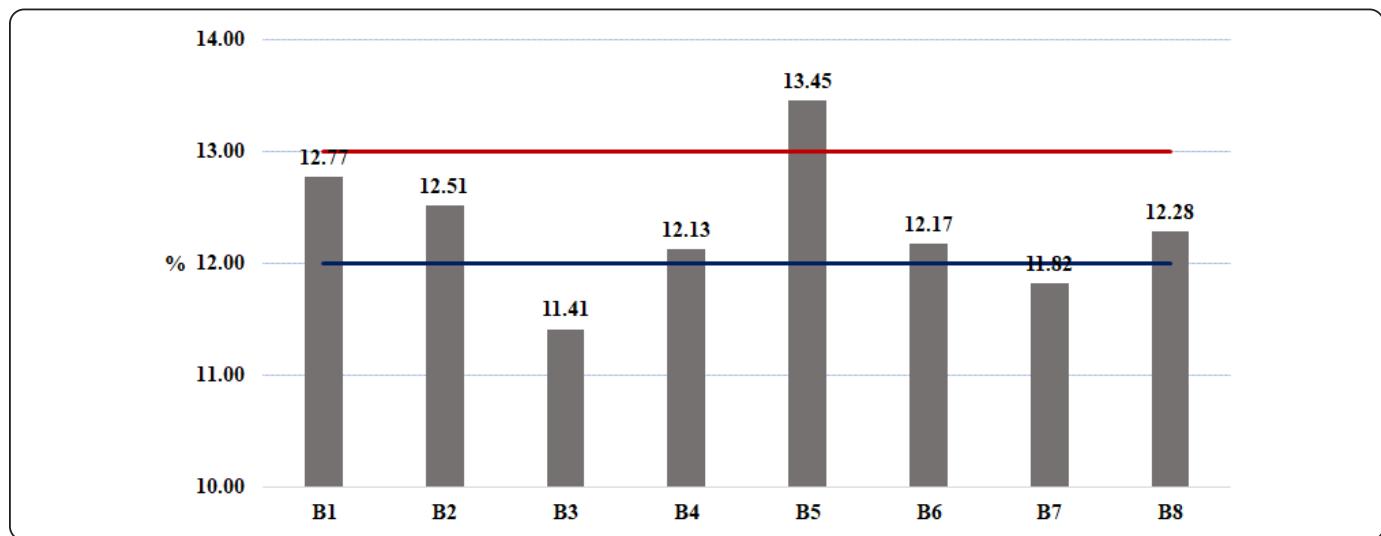


Figura 3. Pérdida de peso del huevo de gallinas Criollas Mexicanas por bloque de incubación registrada al día 18. Control óptimo de un 12% mínimo (línea azul) a un 13% máximo (línea roja) (González-Cerón, 2011).

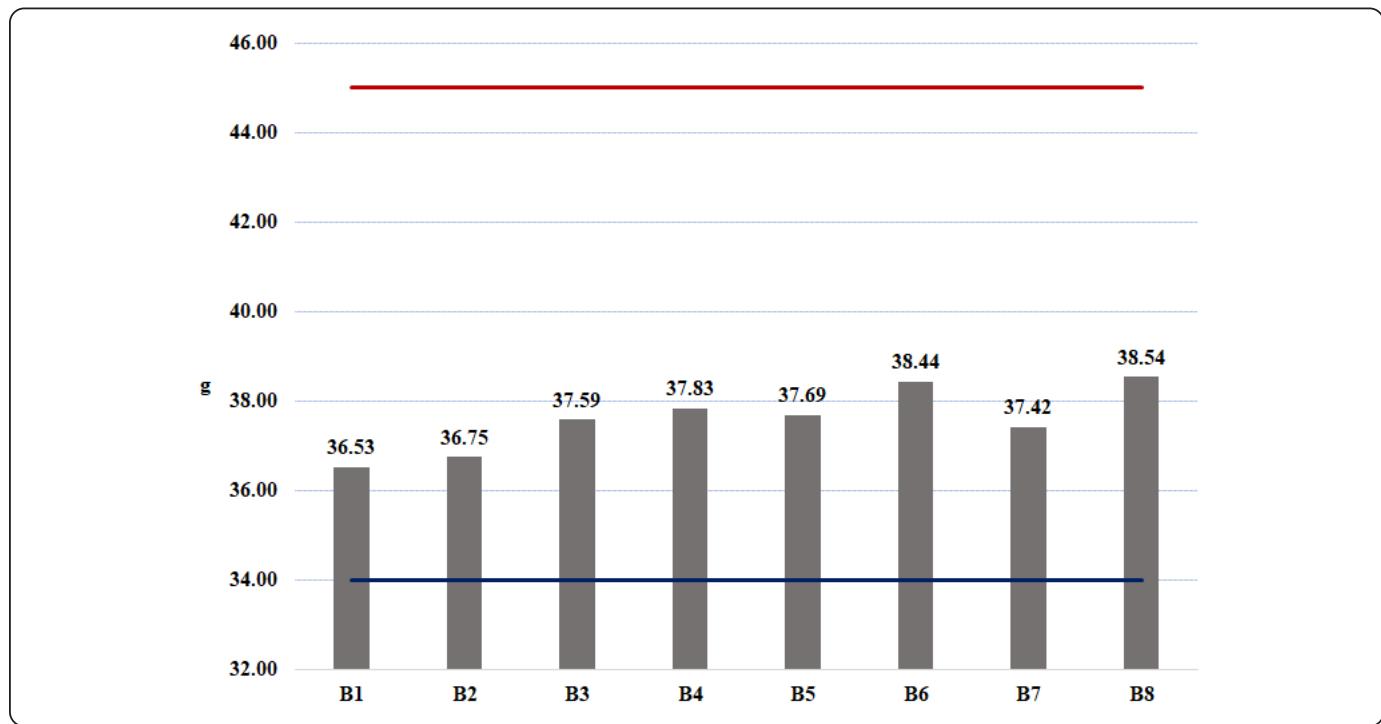


Figura 4. Peso promedio de polluelos de gallinas Criollas Mexicanas registrado por bloque de incubación al día cero de nacimiento. Los pesos reportados para el genotipo en promedio son de 34 g mínimo (línea azul) a los 45 g (línea roja) (Juárez-Caratachea *et al.*, 2010).

63 g, c) mediano de 55 a 59 g, d) chico de 50 a 54 g y e) canica < 50 g (NMX-FF-127-SCFI, 2016), lo que coloca a los huevos del grupo 1 en la categoría de tamaño mediano. Para la selección de huevos a incubación con respecto al peso se recomienda que oscile entre los 50 a 65 g, por lo que el peso promedio del grupo no representaría una limitante (Wilson, 1991).

En el grupo 2 se concentró el mayor porcentaje del total de huevos puestos por las gallinas Criollas Mexicanas con un valor del 39.34%, indicativo de ser el estándar y cuyas características morfométricas promedio son de menor tamaño con respecto a los otros grupos a excepción en la escala de color que contiene huevos con mayor valor según el abanico Zinpro®. Esto

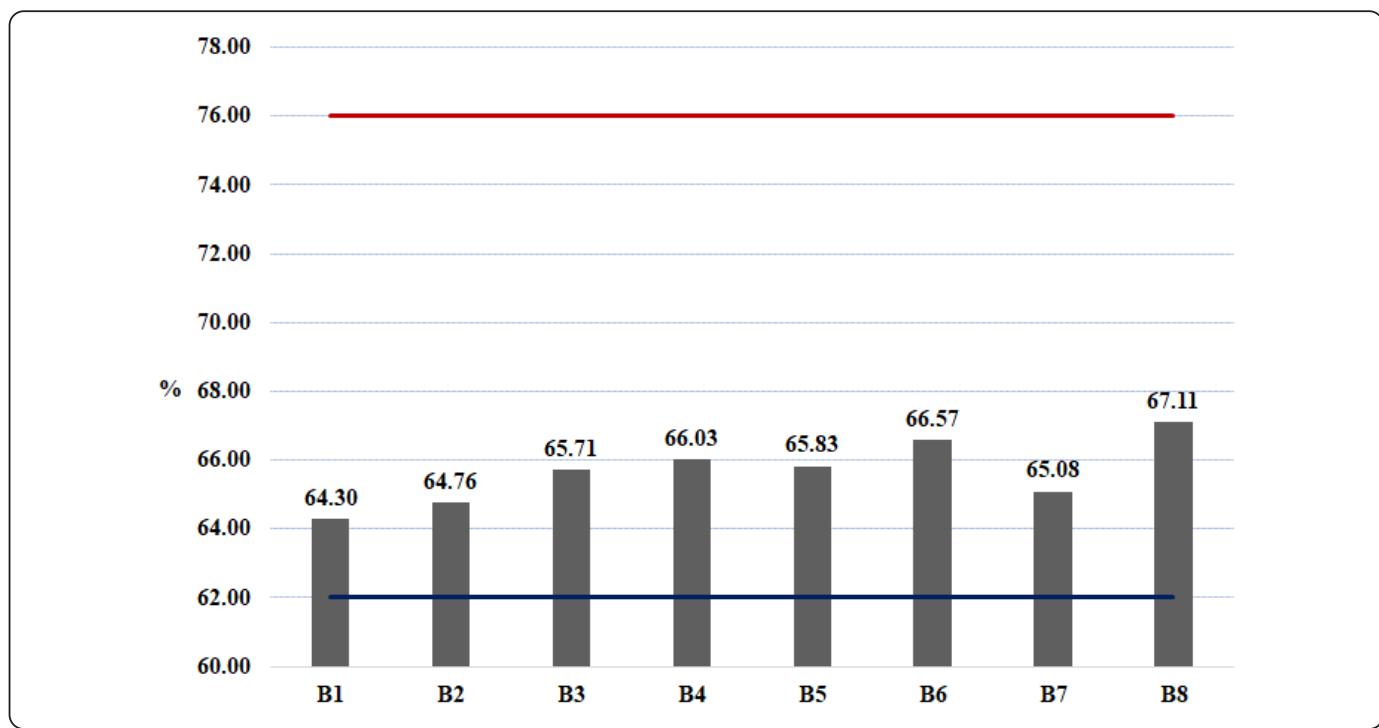


Figura 5. Relación porcentual: peso del huevo incubado – peso del pollito al día cero de nacimiento, registrado por bloque de incubación para gallinas Criollas Mexicanas. El valor de la relación porcentual ideal debe de ser de un 62% mínimo (línea azul) a un 76% máximo (línea roja) (Wilson, 1991).

representa una desventaja en términos comerciales con base a la crianza de gallinas a traspatio, donde la mejor percepción social de huevos “criollos” es el color de tonalidades marrón con pesos superiores a los 60 g puestos principalmente por razas y estípites de gallinas seleccionadas en la producción de estos huevos (Rhode Island Red, Isa Brown, Hy Line Brown, etc.), pero no precisamente mantenidas bajo ese sistema productivo (Rodríguez-Ortega *et al.*, 2020). El peso del huevo promedio del grupo fue de 55.96 g, que aunado al color posiciona al conjunto en el intervalo óptimo de seleccionarse a incubación.

El grupo 3 agrupó el 32.79% restante del total de huevos y presentó características que lo definen con las mayores variables morfométricas (peso, largo, ancho, volumen y área) y escalas de color Zinpro® de 3 y 4. Esto implica que los huevos de mayor tamaño en las gallinas Criollas Mexicanas son de color beige, ubicados dentro de la clasificación comercial de tamaño mediano en la Norma Mexicana (NMX, 2016), son también óptimos de ser seleccionados por tamaño y color para incubación.

El índice de forma se registró con un valor promedio de 73 en los tres grupos, se considera que un valor >76 es un huevo redondo, <72 es un huevo alargado, los huevos dentro de ese intervalo son por su forma idóneos para incubación según González (1999), con respecto a esta variable morfométrica los tres grupos son elegibles para incubación artificial.

Se registró una fertilidad del 76.46% menor a la reportada en estudios similares como el 82.4% obtenido por Juárez-Caratachea & Ortiz (2001) quienes estudiaron el éxito de la incubación de los huevos de gallinas criollas mantenidas a traspatio, Grimal & Gómez (2007) reportaron un índice de fertilidad del 85.1% en gallinas Chulillas, Ruiz *et al.* (2016) un 97.81% para gallinas Araucanas, y en un estudio reciente realizado por González-Ariza *et al.* (2020) con gallinas Utreranas donde se obtuvo un 90.68% de fertilidad, este índice está íntimamente ligado a la forma del huevo, la alimentación y la genética de las progenitoras. En el presente estudio la alimentación cumplió con los aminoácidos esenciales requeridos por las gallinas y no tuvo restricciones, el índice de forma promedio de todos los bloques fue el adecuado de acuerdo con Wilson (1991). Con respecto a la genética de las aves, las gallinas no mostraron indicios de erosión genética, ya que estas afectaciones no son propias de las gallinas criollas sino de estípites con el flujo genético cerrado para preservar su estándar racial. En ninguno de los trabajos mencionados se realizó la técnica de inseminación artificial, proceso en el que se ejerce cierto nivel de estrés tanto para el macho como para la hembra que pudiera afectar el índice de fertilidad, sin embargo, en nuestro estudio sí se realizó.

Con base en las ovoscopías realizadas los días 12, 18 y 21 se registró mayor porcentaje de muerte embrionaria los días 12 y 21 resultados similares a los trabajos de Ruiz *et al.* (2016) y

González-Ariza *et al.* (2020) que reportaron una mayor muerte embrionaria en las fases tempranas y posteriores al día 18. Ricaurte (2005), menciona que durante los primeros 12 días la mortalidad alcanza el 30% de las muertes totales, cuyas causas son el mal manejo y almacenamiento de los huevos. Lo que se refleja en un 27.59% de muertes en este estudio, aunque se tuvieron los mayores cuidados durante su almacenamiento, no se midió la temperatura y la humedad en ese lapso y como las gallinas criollas no tienen un intervalo continuo de postura, varios de sus huevos se mantuvieron almacenados sin superar los 14 días.

Hacia el día 18 las causas de la mortalidad en esta fase se remiten a la nutrición, la deficiencia en el proceso de incubación o problemas bacterianos. La mortalidad durante este período alcanza el 20% de las muertes totales (Ricaurte, 2005; González-Cerón, 2011). El valor obtenido en el presente estudio fue del 3.78% lo que indica que el funcionamiento de la incubadora en cuestión de temperatura, humedad y volteo de huevos se realizó de forma correcta.

Hacia el día 19-21 se produce el 50% de las muertes embrionarias, principalmente por el cambio de respiración de corilantoidea a pulmonar. Aunado a ello las malas posiciones que pudieran llegar a tomar los embriones dentro del huevo hacia la cámara de aire dificultarían el picado del cascarón y el éxito de la eclosión (Ricaurte, 2005; González-Cerón, 2011). Se registró un pico de muerte embrionaria durante esta etapa del 21.61%.

El registro de peso del huevo por cada bloque de incubación, mostró en el bloque 5 dos pérdidas: una de peso del intervalo óptimo con un valor del 13.45%, y la otra de humedad ligada generalmente al nacimiento de pollitos bajos de peso producto de la deshidratación, sin embargo, el peso promedio obtenido en el bloque por los polluelos figura en el estándar para el genotipo racial. Los bloques 3 y 7 registraron una menor pérdida de peso con respecto al intervalo óptimo, aun así, no hubo una variación negativa en la eclosión o el peso de los pollitos al nacer.

El peso promedio de los pollitos al día cero de nacimiento fue de 37.60 g similar a los obtenidos por Juárez-Caratachea & Ortiz (2001) y Ruiz *et al.* (2016) con valores de 37.1 g y 39.2 g respectivamente y cerca de 10 g menos que lo reportado por González-Ariza *et al.* (2020) de 47.20 g, en todos estos estudios se trabajó con gallinas locales. Como ya se mencionó, el peso ideal para un huevo dispuesto a incubación es de los 50 a 65 g y la del pollito al nacer de 62 a 76% (Wilson, 1991). Todos los bloques de incubación se presentaron dentro de este intervalo lo que indica el nacimiento de pollitos de buena calidad.

CONCLUSIONES

Lo obtenido a través del análisis cluster resume la variación que se presenta en los huevos puestos por las gallinas Criollas

Mexicanas dentro de tres grupos morfométricos, con un agrupamiento que integra la mayor cantidad de datos que se consideran como el estándar y cuyas medidas promedio son peso = 55.96 g, largo = 5.72 cm, ancho = 4.18 cm, índice de forma = 73, volumen = 51.09 cm³, área 67.48 cm² y color en escala Zinpro® = 5. Así mismo se evidencian dos grupos de variedad estándar. El análisis embriodiagnóstico permitió analizar el potencial reproductivo que tienen los huevos de las gallinas Criollas Mexicanas en incubación artificial, con un porcentaje de fertilidad del 76.46% y de nacimiento del 21.61%.

El porcentaje de nacimientos es relativamente bajo, sin embargo, el peso del pollito al día cero de eclosión se encuentra dentro del intervalo óptimo, lo que permite deducir que la incubación artificial es una técnica viable con un buen nivel de calidad, pero requiere de más evaluaciones con modificaciones alrededor de la selección de los huevos dispuestos a incubación y estrategias de preincubación para aumentar el número de nacimientos.

AGRADECIMIENTOS

Los resultados son parte del proyecto de investigación “Producción, macroestructura y calidad sensorial del huevo de gallina Criolla Mexicana y Rhode Island Red”, financiado por la Universidad Autónoma Chapingo a través de la Dirección General de Investigación y Posgrado. Los autores agradecen al Dr. Diego Zárate Contreras por su apoyo en la toma de los datos y la formulación de la dieta para la parvada.

REFERENCIAS

- Aldenderfer, M. S. & Blashfield, R. K. (1984). Cluster analysis. Sage University Paper Series on Quantitative Applications in the Social Sciences. Beverly Hills, USA, Sage Publications. 7-44. <https://dx.doi.org/10.4135/9781412983648>
- Ángel-Hernández, A., Morales-Flores, S., Carrillo-Rodríguez, J. C., Rodríguez-Ortiz, G., Villegas-Aparicio, Y. & Jerez, M. (2014). Historia, domesticación y situación actual del guajolote (*Meleagris gallopavo gallopavo*) en México. *Universidad y Ciencia*, 2, 132-143. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-2979201100030009&lng=es&nrm=iso
- Camacho-Escobar, M. A., Lezama-Núñez, P. M., Jerez-Salas, M. P., Kollas, J., Vásquez-Dávila, M. A., García-López, J. C., Arollo-Ledezma, J., Ávila-Serrano, N. & Chávez-Cruz, F. (2011). Avicultura indígena mexicana: Sabiduría milenaria en extinción. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal*, 1, 375-379.
- Cuca-García, J. M., Gutiérrez-Arenas, D. A. & López-Pérez, E. (2015). La avicultura de traspatio en México: Historia y caracterización. *Agroproductividad*, 8, 30-36. Disponible en: <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/669>
- Duman, M., Sekeroglu, A., Yildirim, A., Eleroglu, H. & Camci, Ö. (2016). Relation between egg shape index and egg quality characteristics. *European Poultry Science*, 80,

- 1-9. <http://dx.doi.org/10.1399/eps.2016.117>
- Eleroğlu, H., Yıldırım, A., Duman, M. & Okur, N. (2016). Effect of Eggshell Color on the Egg Characteristics and Hatchability of Guinea Fowl (*Numida meleagris*) Eggs. *Brazilian Journal of Poultry Science*, **63**, 61-68. <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9061-2015-0154>.
- Etches, R. J. (1996). Reproducción aviar. Acribia. Zaragoza, España. 339p.
- FAO. (2012). Phenotypic Characterization of Animal Genetic Resources. FAO Animal Production and Health Guidelines No. **11**. Rome. Disponible en: <https://www.fao.org/3/i2686e/i2686e00.htm>
- González, L. J. (1999). Parámetros fisicoquímicos de la cáscara de huevo: importancia. Universidad Nacional de Colombia Seccional Medellín, Medellín.
- González-Ariza A., Nogales, S., Navas-González, F.J., Delgado, J.V., León, J.M., Barba, C.J., Arando, A. & Camacho, M.E. (2020). Preliminary study of the characterization of the growth of the Utrerana avian breed. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal*, **4**, 14-20.
- González-Cerón, F. (2011). Factores que determinan el desempeño en la planta incubadora, en: *Producción y manejo de aves domésticas*. Cuca-García et al. (eds). Universidad Autónoma de Chapingo. México. p. 237.
- Grimal, A. & Gómez, E. A. (2007). Caracterización preliminar de parámetros reproductivos en la gallina de Chulilla. *Archivos de Zootecnia*, **56**, 557-560. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49509933>
- INAFED (Instituto Nacional para el Federalismo y Desarrollo municipal). (2010). Enciclopedia de los Municipios y delegaciones de México, Estado de México. Secretaría de Gobernación, México. <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM15mexico/municipios/15099a.html>
- Juárez-Caratachea, A., Gutiérrez-Vázquez, E., Garcidueñas-Peña, R. & Salas-Razo, G. (2010). Producción de huevos en gallinas criollas Cuello Desnudo (Nana) y con plumaje normal (nana) en la región del altiplano mexicano. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, **44**, 287-290. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193015664012>
- Juárez-Caratachea, A. & Ortiz, M. (2001). Estudio de la incubabilidad y crianza en aves criollas de traspasio. *Veterinaria México*, **32**, 27-32. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=42332105>
- Morita, V. S., Boleli, I. C. & Cargnelutti, A. (2009). Hematological values and body, heart and liver weights of male and female broiler embryos of young and old breeder eggs. *Brazilian Journal of Poultry Science*, **11**, 7-15. <https://doi.org/10.1590/S1516-635X2009000100002>
- NMX-FF-127-SCFI-2016. (2016). Norma Mexicana Productos Avícolas - Huevo Fresco de Gallina – Especificaciones y Métodos de Prueba. 1-10.
- Paredes, M., Romero, A., Torres, M., Vallejos, L. & Mantilla, J. (2019). Crecimiento y comportamiento reproductivo de la gallina criolla de huevos con cáscara verde de la provincia de Chota, Cajamarca. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, **30**, 733-744. <https://doi.org/10.15381/rivep.v30i2.16070>
- Ricaurte, S. L. (2005) Embriodiagnosis y ovoscopía. Análisis y control de calidad de los huevos incubables. *Revista Electrónica de Veterinaria REDVET®*, **3**, 1-25. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63612812004>
- Rodríguez-Ortega, L., Rodríguez-Ortega, A., Hernández-Guzmán, F., Callejas-Hernández, J., Pro-Martínez, A. & Leyva-Jiménez, H. (2020). Productive performance and egg physical characteristics of Tufted Creole and Marans hens. *Agroproductividad*, **10**, 69-73. <https://doi.org/10.32854/agrop.v13i10.1741>
- RStudio Team. (2020). RStudio: Integrated Development for R. RStudio, PBC, Boston, MA URL <http://www.rstudio.com/>.
- Ruiz, N., Orrego, G., Reyes, M. & Silva, M. (2016). Aumento de la Temperatura de Incubación en Huevos de Gallina Araucana (*Gallus inauris*): Efecto sobre la Mortalidad Embrionaria, Tasa de Eclosión, Peso del Polluelo, Saco Vitelino y de Órganos Internos. *Int. J. Morphol.*, **34**, 57-62. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022016000100009>
- Sekeroğlu, A. & Duman, M. (2011). Effect of Egg Shell Colour of Broiler Parent Stocks on Hatching Results, Chickens Performance, Carcass Characteristics, Internal Organ Weights and Some Stress Indicators. *Kafkas Univ. Vet. Fak Derg.*, **5**, 837-842. <http://dx.doi.org/10.9775/kvfd.2011.4630>
- Wilson, H. R. (1991). Interrelationship of egg size, chick size, post hatching growth and hatchability. *World's Poultry Science Journal*, **47**, 5-20. <https://doi.org/10.1079/WPS19910002>