erevna
RESEARCH REPORTS

Índice de Forma para Predecir el Sexo del Polluelo antes de la Incubación

Shape Index for Predicting Chick Sex Before Incubation

Janeth Rocío Jácome-Gómez[1*], María José Alvarado-Loor[1] y Myriam Elizabeth Zambrano-Mendoza[1]

[1] *Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, El Carmen - Ecuador*

Recibido: 2 de julio 2024. **Aceptado:** 26 de septiembre 2024. **Publicado en línea:** 5 de enero de 2025
***Autor de correspondencia: janeth.jacome@uleam.edu.ec

Resumen

Justificación: identificar el sexo in ovo de embriones de gallinas antes de su incubación podría resolver el problema ético y de bienestar animal asociado con el sacrificio de pollitos machos. **Objetivo**: determinar la efectividad del índice de forma del huevo para predecir el sexo de los embriones de gallinas criollas. **Metodología**: se incubaron 200 huevos y se sexaron 186 pollos al final del período. Se midió el ancho, largo y peso de los huevos para estimar el índice de forma. **Resultados**: existieron diferencias significativas en las medidas del huevo según el sexo del pollo. Los huevos de hembras tuvieron un ancho promedio (42,21 mm), ligeramente mayor que el de machos (41,19 mm), mientras que los huevos de machos fueron más largos (54,94 mm) que los de hembras (53,37 mm). El IF fue mayor en los huevos de hembras (79,08) en comparación con los de machos (74,96), indicando que eran más redondeados. Los huevos de machos pesaron más (56,89 g) que los de hembras (52,71 g). Las correlaciones mostraron asociaciones entre las medidas del huevo y el sexo del pollo y la regresión logística confirmó que el IF es un predictor significativo del sexo del pollo, explicando el 75% de la variabilidad. **Conclusión**: el IF podría ser una herramienta válida para identificar el sexo de los pollos antes de la incubación.

Palabras clave: bienestar animal, índice de forma, gallina de postura, sexaje in ovo.

Abstract

Justification: identifying the in ovo sex of chicken embryos before incubation could address the ethical and animal welfare issue associated with the culling of male chicks. **Objective**: to determine the effectiveness of the egg shape index in predicting the sex of criollo chicken embryos. **Methodology**: a total of 200 eggs were incubated, and 186 chicks were sexed at the end of the period. Egg width, length, and weight were measured to estimate the shape index. **Results**: significant differences were found in egg measurements according to chick sex. Eggs from female chicks had a slightly greater average width (42.21 mm) than those from males (41.19 mm), while male chick eggs were longer (54.94 mm) than female chick eggs (53.37 mm). The SI was higher in female chick eggs (79.08) compared to male chick eggs (74.96), indicating a rounder shape. Male chick eggs were also heavier (56.89 g) than female chick eggs (52.71 g). Correlations showed associations between egg measurements and chick sex, and logistic regression confirmed that SI is a significant predictor of chick sex, explaining 75% of the variability. **Conclusion**: the SI could be a valid tool for identifying chick sex before incubation.

Keywords: animal welfare, shape index, laying hen, in ovo sexing.

Cita: Jácome-Gómez, J. R., Alvarado-Loor, M. J., & Zambrano-Mendoza, M. E. (2025). Índice de Forma para Predecir el Sexo del Polluelo antes de la Incubación. *Erevna: Research Reports*, *3*(1), 15-26. https://doi.org/10.70171/g454q058

CC BY NC SA

INTRODUCCIÓN

En el sector avícola de postura, la identificación temprana del sexo del pollo es importante debido a las diferencias en su funcionalidad. Las hembras, al ser ponedoras de huevos a lo largo de su vida útil, son indispensables para mantener un ciclo productivo constante, lo que contribuye directamente al rendimiento económico de las granjas. En contraste, los pollos machos, al no tener la capacidad de poner huevos y ser menos eficientes en la producción de carne son considerados un subproducto; en consecuencia, a menudo se los sacrifica inmediatamente después de la eclosión (de Haas et al., 2021).

El descarte de pollitos machos poco después del nacimiento es una práctica común a nivel mundial; solo en Europa, cada día se sacrifican aproximadamente 330 millones (Blanco, 2023). Esta problemática plantea desafíos no solo en términos de manejo y eficiencia de recursos, sino también con relación a implicaciones éticas y preocupaciones de bienestar animal, tanto para la industria del huevo como para los pequeños productores.

En respuestas a estas preocupaciones, Alemania, Francia, Italia, Suiza y Austria han promulgado leyes que prohíbe el sacrificio masivo de pollitos machos de un día y, a partir de 2024, implementarán una prohibición adicional para matar embriones vivos en huevos de aves de corral después del sexto día de incubación, debido a la presencia de latidos cardíacos en el embrión a partir del tercer día y al umbral del dolor alcanzado en el séptimo día (Aleinikov et al., 2023). Estos cambios legislativos están empezando a extenderse a otras regiones, por lo que no se descarta la posibilidad de que en Latinoamérica también adopte medidas similares.

Búsqueda de Alternativas

Aunque los métodos actuales, como los genéticos y hormonales, prometen identificar el sexo de los embriones en los huevos antes de la incubación con precisión, presentan limitaciones que dificultan su implementación a gran escala. Los altos costos asociados con equipos especializados y procesos técnicos complejos, así como la naturaleza invasiva de algunos de estos métodos que puede afectar la incubabilidad, restringen su viabilidad en instalaciones avícolas convencionales (Jia et al., 2023). Por ello, la búsqueda de alternativas más accesibles y menos invasivas sigue siendo una prioridad.

Para que un método sea comercialmente aplicable debe ser no intrusivo, es decir, no afectar la integridad de la cáscara del huevo o del embrión en su interior, como efectos negativos en el desarrollo embrionario, la incubabilidad y el desarrollo posterior a la eclosión. Además, debe ser lo suficientemente rápido para ser aplicable a una gran cantidad de huevos; ser económicamente factible y aceptable desde un punto de vista ético (Alin et al., 2019).

En este contexto, el Índice de Forma del Huevo (IF) surge como un método económico no invasivo para reducir el sacrificio innecesario de pollitos machos. Este índice, es una medida numérica que describe la forma del huevo a través de la relación entre sus dimensiones geométricas, tanto longitudinales como transversales (Alasahan & Copur, 2016). Un huevo con un IF cercano a 1 indica una forma más redondeada o esférica, mientras que valores más bajos sugieren una forma más alargada u ovalada (Kayadan & Uzun, 2023). En pollos, generalmente, los huevos de embriones hembras son un poco más redondeados en comparación con los embriones machos que son más puntiagudos, y suelen tener un índice de forma más cercano a 1 mientras que los huevos de embriones machos tienden a mostrar una mayor variabilidad entre 0,50 y 0,80 (Aleinikov et al., 2023; Kaleta y Redmann, 2008).

ISSN: 3091-1540 Enero – Junio 2025 | Vol. 3, Núm. 1 | pp. 15-26 DOI 10.70171/g454q058

Bajo esta perspectiva, estudios recientes realizados con las cepas de pollos White Legón, Anak 606, Marshall 570, Ross 650 y Hy-Line Brown, han demostrado que el índice de forma del huevo difiere significativamente entre huevos que darán lugar a hembras o machos respaldando su utilidad como un indicador confiable para determinar el sexo del polluelo que eclosiona, con una precisión de hasta el 81% (Batanov et al., 2024; Kayadan & Uzun, 2023; Moyano y Fernández, 2019). Sin embargo, la precisión del IFH puede verse afectada debido a la raza o cepa de gallinas, la edad, la dieta y la nutrición, así como las condiciones ambientales (temperatura y humedad) que influyen en la forma del huevo (Fazazi & Leigh, 2015). La confiabilidad del índice también depende del método de medición y de la calidad de la cáscara del huevo, mientras que la salud de las gallinas y los factores genéticos afectan su morfología (Krachoksri et al., 2018).

Por lo tanto, la presente investigación fue diseñada para evaluar la aplicabilidad del Índice de Forma en la predicción del sexo de los embriones en huevos de gallinas criollas. El objetivo es determinar su efectividad para esta raza específica mediante el análisis de las características morfométricas y evaluar su utilidad en la industria avícola convencional.

Identificar el sexo de los embriones antes la incubación podría contribuir a prevenir el descarte de millones de pollitos machos cada año. Los resultados pudrían ofrecer una solución más accesible y económica para los productores de huevos. Además, adaptar el Índice de Forma del Huevo para gallinas criollas podría promover el desarrollo de estrategias específicas para razas locales, beneficiando la eficiencia de las incubadoras y reducir el impacto ambiental.

METODOLOGÍA

Área de Estudio

Este estudio se llevó a cabo en la sala de un incubatorio privado ubicado en la ciudad de Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador.

Diseño Experimental

Se realizó un estudio experimental con enfoque cuantitativo, alcance descriptivo, comparativo, correlacional y de regresión, para evaluar la aplicabilidad del índice de forma en la predicción del sexo de los embriones en huevos de gallinas criollas (Hernández Sampieri, 2014).

Muestra

La muestra consistió en 200 huevos de gallinas criollas con tres días de postura y se sexaron un total de 186 polluelos (46 hembras y 140 machos) al final del período de incubación. Los huevos fueron recolectados de una bandada de ponedoras del proyecto de gallina de postura de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

Procedimiento

Para medir la anchura y altura del huevo se utilizó un Calibrador Digital marca Steren modelo HER-411. Los huevos se sujetaron por su eje largo y se ajustó el calibrador hasta que las mandíbulas estén en contacto con el huevo en el punto más amplio, el mismo procedimiento se realizó con el eje corto. Posteriormente, los huevo se pesaron en una Báscula Digital marca Someont modelo SF-400 precisión 1gr, y fueron clasificados según su el índice de forma (Figura 1).

ISSN: 3091-1540 Enero – Junio 2025 | Vol. 3, Núm. 1 | pp. 15-26 DOI 10.70171/g454q058

Figura 1. a) Comparación Morfométrica de Huevos y b) Determinación del Índice de Forma



El Índice de Forma se calculó utilizando la fórmula (Romera et al., 2022):

$$IF = \frac{\text{Ancho}}{Largo} x100$$

Proceso de Incubación y Sexaje

Los huevos fueron incubados en 5 equipos de las marcas INCUBATOR y BRISEA, con sistema de rodillos para 64 y 24 huevos. Los rodillos permitieron realizar giros automáticos de los huevos cada 1-4 horas, asegurando un desarrollo embrionario uniforme y evitando que el embrión se adhiera a la cáscara. Se trabajó con un parámetro de temperatura de 37.6 °C, con una humedad inicial de 50-55%, incrementándola a 65-70% en los últimos días.

Al octavo día de incubación, se realizó una ovoscopía utilizando un ovoscopio con linterna LED de la marca StrongCages, modelo 2578, para confirmar la fertilidad y el desarrollo embrionario de los huevos. Al decimonoveno día, se llevó a cabo una segunda ovoscopía para observar el avance del desarrollo embrionario. En este punto, se retiraron los rodillos de movimiento de los equipos de incubación y se colocaron los huevos en bandejas de nacimiento. Al veinteavo, se produjo el rompimiento de las cáscaras y el nacimiento de los pollitos en las bandejas.

Los pollitos recién nacidos fueron trasladados a jaulas de recepción, donde se les separó e identificó según la procedencia de los huevos. Se mantuvieron en un área equipada con alimento y agua, cumpliendo con los parámetros de manejo, una estufa eléctrica para regular su temperatura corporal hasta la etapa de pruebas de determinación del sexo.

Para el sexaje de los pollos, se utilizaron dos métodos complementarios. El primero se realizó al quinto día, aplicando el sexaje cloacal, que consistió en examinar la estructura de la cloaca para discernir las diferencias internas entre machos y hembras. Este método proporcionó una confirmación temprana del sexo, especialmente en casos donde el sexaje por plumaje podría ser menos concluyente.

Adicionalmente, al décimo día se empleó el sexaje por plumaje, que consistió en observar las características de las plumas primarias en las alas de los pollitos. Este método permitió identificar diferencias en el patrón y la longitud de las plumas, indicando el sexo del ave con mayor detalle. La combinación de ambos métodos mejoró la precisión en la identificación del sexo de los pollos y la fiabilidad de los resultados obtenidos en el estudio.

Consideraciones Éticas

Este estudio recibió la aprobación del Comité de Ética en Investigación de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Cumple con las normativas éticas establecidas para los procesos de investigación

ISSN: 3091-1540 Enero – Junio 2025 | Vol. 3, Núm. 1 | pp. 15-26 DOI 10.70171/g454q058

científica que involucran animales en la institución (RCU-SE-No.47-2016), que se centra en asegurar la calidad de vida de los animales, proporcionando condiciones adecuadas para el transporte y alojamiento, y evitando manipulaciones excesivas que puedan causar sufrimiento. Los procedimientos de manejo y cuidado de los huevos y polluelos se realizaron siguiendo la guía de buenas prácticas avícolas del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura Y Pesca y la Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro (AGROCALIDAD, 2017).

Análisis de Datos

Los datos fueron gestionados utilizando en software estadístico SPSS versión 29.0 (IBM Corp., 2012). Se realizó un análisis descriptivos para resumir y describir las características principales de los datos. Se calcularon medidas de tendencia central, como la media (M), y medidas de dispersión, como la desviación estándar (DE), para evaluar la distribución y variabilidad de las variables de longitud, circunferencia y peso.

Para determinar si los datos seguían una distribución normal, se utilizó la prueba Kolmogorov-Smirnov, adecuada para tamaños de muestra mayores a 50. Dado que los datos no seguían una distribución normal, se optó por pruebas no paramétricas. En particular, se utilizó la prueba U de Mann-Whitney para comparar las medidas de longitud, circunferencia, peso e índice de forma entre dos grupos independientes (hembras y machos).

Posteriormente, se empleó el coeficiente de correlación Rho de Spearman para examinar las asociaciones entre la longitud, circunferencia, peso e índice de forma, considerando que un p-valor < 0.05 indica correlaciones observadas significativas. Del mismo modo, se utilizó la prueba de Chi-cuadrado para analizar las asociaciones entre variables categóricas, como la forma del huevo y el sexo.

Finalmente, para evaluar cómo las variables predictoras influyen en la variable categórica, se realizó un análisis de regresión logística binaria. Este modelo proporciona una visión detallada de cómo las variables independientes (como longitud, circunferencia y peso) afectan la probabilidad de pertenecer a una categoría específica (hembra y macho) de la variable dependiente.

RESULTADOS

La Tabla 1 presenta una comparación de las medidas del huevo fértil y el sexo del pollo al nacer. El ancho del huevo promedio fue de 42,21 mm en hembras, con un rango que va de 37,60 a 46,00 mm, mientras que en machos fue de 41,19 mm, con un rango de 37,00 a 45,00 mm. Esto muestra que el ancho promedio de los huevos de los que nacieron hembras fue aproximadamente un 2,47% mayor que los que nacieron machos, con una diferencia estadísticamente significativa (p = 0,017).

En cuanto al largo del huevo, las hembras tienen un promedio de 53,37 mm, con un rango de 48,00 a 57,00 mm, frente a los machos que presentaron un promedio de 54,94 mm, con un rango de 48,00 a 60,00 mm. Esto indica que el largo promedio de los huevos de los que nacieron machos fue aproximadamente un 2,95% mayor que el de las hembras, con una diferencia altamente significativa (p = 0,001).

El Índice de Forma (IF) fue de 79,08 en hembras, con un rango de 75,20 a 82,12, mientras que en machos fue de 74,96, con un rango de 71,31 a 77,82. Esto revela que el índice de forma de los huevos

ISSN: 3091-1540 Enero – Junio 2025 | Vol. 3, Núm. 1 | pp. 15-26 DOI 10.70171/g454q058

de los que nacieron hembras fue aproximadamente un 5,57% mayor que el de los machos, con una diferencia estadísticamente significativa (p = 0,001). Los huevos de los que nacieron hembras fueron más redondeados en comparación con los huevos de los que nacieron machos.

Finalmente, el peso del huevo promedio fue de 52,71 g en hembras (rango de 43,00 a 62,00 g) y 56,89 g en machos (rango de 45,00 a 72,00 g). Esto muestra que los huevos de los que nacieron machos pesaron aproximadamente un 7,92% más que los que nacieron hembras, con una diferencia altamente significativa (p = 0,001).

Tabla 1. Comparación de Medidas del Huevo Fértil y el Sexo del Pollo al Nacer

Variables	**Sexo**				**U de Mann-Whitney**
	Hembra	**Mín. – Máx.**	**Macho**	**Mín. – Máx.**	**Sig.**
Ancho (mm)	42,21 ± 2,55	37,60 – 46,00	41,19 ± 2,52	37,00 – 45,00	0,017
Largo (mm)	53,37 ± 2,77	48,00 – 57,00	54,94 ± 2,96	48,00 – 60,00	0,001
índice de forma (IF)	79,08 ± 1,70	75,20 – 82,12	74,96 ± 1,47	71,31 – 77,82	0,001
Peso (g)	52,71 ± 5,68	43,00 – 62,00	56,89 ± 5,98	45,00 – 72,00	0,001

Nota: ±:Desviación estándar; Mín.: Mínimo, Máx.: Máximo; U: variable de agrupación: sexo_ave.

La Tabla 2 muestra la relación entre las medidas del huevo fértil y el sexo del pollo al nacer. Se observa que el ancho del huevo muestra una correlación débilmente negativa con el sexo del pollo (-,175), indicando que los huevos más anchos tienen una ligera tendencia a estar asociados con una menor probabilidad de que nazcan machos, aunque esta relación es significativa (p < 0,05). De manera similar, el largo del huevo presenta una correlación positiva débil, sugiriendo que los huevos más largos están asociados con una mayor probabilidad de que nazcan machos, con una significancia alta (p < 0,01).

El índice de forma muestra una fuerte correlación negativa, indicando que un mayor índice de forma (es decir, una forma más redondeada del huevo) está estrechamente asociado con una mayor probabilidad de que nazcan hembras. Esta relación es altamente significativa (p < 0,01).

Por último, el peso del huevo tiene una correlación positiva moderada, lo que sugiere que los huevos más pesados tienden a estar asociados con una mayor probabilidad de que nazcan machos, también con alta significancia al nivel de 0,01.

Tabla 2. Relación entre las Medidas del Huevo Fértil y el Sexo del Pollo al Nacer

Prueba	Variables	Sexo
Rho de Spearman	Ancho (mm)	-,175*
	Largo (mm)	,257**
	Índice de forma (IF)	-,809**
	Peso (g)	,318**

Nota: ** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral); * La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

La Tabla 3 presenta los resultados del análisis sobre la relación entre la forma del huevo y el sexo del

ISSN: 3091-1540 Enero – Junio 2025 | Vol. 3, Núm. 1 | pp. 15-26 DOI 10.70171/g454q058

pollo al nacer. Los resultados indican una asociación estadísticamente significativa ($p < 0,01$) entre estas dos variables, respaldada por varias pruebas estadísticas. El Chi-cuadrado de Pearson (186,000, $p = 0,001$) indica que las diferencias en la forma del huevo están estrechamente relacionadas con el sexo del pollo al nacer. Además, la Corrección de continuidad, que ajusta el valor del Chi-cuadrado para tablas de contingencia 2x2, también revela una relación significativa con un valor de 182,022 y una significación asintótica bilateral de 0,001. Esto confirma la robustez de la asociación detectada en el análisis.

La Razón de verosimilitud muestra un valor de 257,851 con una significación asintótica bilateral de 0,001, proporcionando un respaldo adicional a la significación de la relación entre la forma del huevo y el sexo del pollo. Finalmente, la Prueba exacta de Fisher confirma una significación exacta bilateral de 0,001, validando la asociación entre las variables sin depender de aproximaciones asintóticas.

Tabla 3. Relación entre la Forma del Huevo y el Sexo del Pollo al Nacer

Pruebas	Valor	gl	Significación asintótica (bilateral)	Significación exacta (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	186,000a	1	,001	
Corrección de continuidadb	182,022	1	,001	
Razón de verosimilitud	257,851	1	,001	
Prueba exacta de Fisher				,001

Nota: gl: grados de libertad.

La Tabla 4 muestra los resultados de una regresión logística utilizada para predecir el sexo del pollo a partir de diferentes variables morfométricas del huevo. Los resultados indican que el ancho ($\chi^2 = 7,29$, $p = 0,007$), el largo ($\chi^2 = 13,14$, $p = 0,001$), el índice de forma ($\chi^2 = 116,77$, $p = 0,001$) y el peso ($\chi^2 = 186$ $p = 0,001$) del huevo son predictores significativos del sexo del pollo. Además, la variable de forma (1 - Hembra) tiene una significancia muy alta ($\chi^2 = 21,42$, $p = 0,001$), lo que indica que esta variable es un fuerte predictor del sexo del pollo. Los estadísticos globales del modelo también son significativos ($\chi^2 = 186$, $p = 0,001$), lo que sugiere que el modelo en su conjunto es eficaz para predecir el sexo del pollo basado en las variables incluidas. Sin embargo, el análisis final, reveló que solo el índice de forma es un predictor significativo.

Tabla 4. Regresión Logística para la Predicción del Sexo del Pollo

		Puntuación	gl	Sig.
Variables	Ancho (mm)	7,29	1	0,007
	Largo (mm)	13,14	1	0,001
	Índice de forma (IF)	116,77	1	0,001
	Forma (hembra)	21,42	1	0,001
	Peso (g)	186,00	1	0,001
Estadísticos globales		186	4	0,001

Nota: gl: grados de libertad.

ISSN: 3091-1540 Enero – Junio 2025 | Vol. 3, Núm. 1 | pp. 15-26 DOI 10.70171/g454q058

El resumen del modelo de regresión logística muestra un ajuste muy bueno en la predicción del sexo del pollo en función de las características del huevo. El logaritmo de la verosimilitud -2 es 0,000, indicando que el modelo se ajusta extremadamente bien a los datos, con una precisión notable en la predicción. El R^2 de Cox y Snell, con un valor de 0,75, sugiere que el modelo explica el 75% de la variabilidad en el sexo del pollo. Esto implica una alta probabilidad de que el índice de forma del huevo sea un predictor significativo para identificar pollos hembras.

Además, el R^2 de Nagelkerke, que alcanza el valor máximo de 1, indica que el modelo explica completamente la variabilidad del resultado, subrayando su excelente capacidad predictiva. En conjunto, estas estadísticas confirman que el modelo es altamente efectivo para predecir el sexo del pollo basado en las características del huevo.

Tabla 5. Modelo de Predicción

Resumen del modelo	Logaritmo de la verosimilitud -2	R^2 de Cox y Snell	R^2 de Nagelkerke
	,000a	0,75	1

Nota: [a] el valor p es menor que 0,001.

DISCUSIÓN

Los análisis de las características morfométricas revelaron que los huevos de los que nacieron pollos machos eran significativamente más largos, anchos y pesados en comparación con los huevos de los que nacieron hembras. Estos resultados son consistentes con el estudio de Moyano y Fernández (2019), donde se observó variaciones significativas en las dimensiones de los huevos, encontrando que los huevos de machos superan a los de hembras en longitud, ancho y peso en un 3%, 5% y 2% respectivamente. Según Kaleta y Redmann (2008), los huevos de machos tienen un ancho promedio cercano a 50 mm y una longitud de aproximadamente 80 mm, mientras que los huevos de hembras presentan un ancho de alrededor de 44 mm y una longitud de 59 mm, y pueden variar según la raza y la edad de las gallinas. La consistencia de estos resultados refuerza la conclusión de Hernandez-Valdez et al. (2023), de que los huevos de los que se obtienen pollos machos tienden a tener mayores dimensiones y masa en general.

De manera similar, el índice de forma (IF) mostró una variación significativa entre los huevos de machos y hembras. Los huevos de hembras presentaron un IF más alto. Esta diferencia sugiere una asociación entre la forma del huevo y el sexo del pollo, destacando una característica distintiva en la morfología del huevo entre ambos sexos. Estos resultados son consistentes con la investigación de Krachoksri et al. (2018), quienes reportaron diferencias en el índice de forma entre huevos de machos y hembras, confirmando que el índice de forma es una medida útil para identificar diferencias morfológicas relacionadas con el sexo del pollo.

Las relaciones positivas observadas en ancho, largo y peso sugieren, que a medida que estas medidas aumentan, también lo hace, aunque no de manera precisa, la probabilidad de que el índice de forma del huevo de lugar a un pollo de sexo macho. Estos resultados son consistentes con los hallazgos de Yilmaz-Dikmen et al. (2013), quienes reportaron efectos significativos de las medidas morfométricas en la determinación del sexo del polluelo al eclosionar. Moyano y Fernández (2019) también

ISSN: 3091-1540 Enero – Junio 2025 | Vol. 3, Núm. 1 | pp. 15-26 DOI 10.70171/g454q058

encontraron diferencias significativas entre las variable morfométricas y el sexo del pollo. En conjunto, la evidencia sugiere que las características físicas del huevo pueden influir en el sexo del pollo que se desarrolla.

Del mismo modo, el índice de forma (IF) mostró una asociación significativa con el sexo del pollito, similar a lo reportado por Kayadan y Uzun (2023) quienes encontraron una relación significativa entre el índice de forma y el sexo de los pollos, lo cual refuerza la idea de que la morfología del huevo, específicamente la forma, está relacionada con el sexo del pollito.

En base a la observación anterior se realizó la prueba de chi-cuadrado, donde la asociación significativa entre la forma del huevo y el sexo del pollo mostró una relación fuerte: los huevos de hembras tienen una forma más redondeada, mientras que los huevos de machos son más puntiagudos. Este hallazgo es consistente con el estudio de Batanov et al. (2024), que también observó una relación significativa entre ambas variables. La congruencia de los resultados con estudios previos sugiere que la forma del huevo podría ser un predictor del sexo del polluelo que eclosiona.

El análisis de regresión logística mostró que, el ancho, largo y peso del huevo, a pesar de ser relevantes, no son predictores significativos del sexo del pollo. Esto es respaldado por Aleinikov et al. (2023) quienes concluyeron que los parámetros morfológicos de los huevos no predicen el sexo del embrión de un huevo antes de la incubación.

Sin embargo, confirma que, el índice de forma del huevo tiene la mejor capacidad para estimar la probabilidad del sexo del pollito antes de la incubación, siendo los huevos con forma puntiaguda los que tienen más probabilidades de producir polluelos machos y los huevos con forma redondeada de producir polluelos hembras. Esto coincide con las observaciones de Batanov et al. (2024), Moyano y Fernández (2019) y Yilmaz-Dikmen et al. (2013), quienes determinaron que la forma del huevo es más informativa para estimar el sexo del pollo. Por lo tanto, la forma del huevo puede ser un método útil para el sexaje in ovo.

El análisis de regresión logística final indica que el mejor modelo de ajuste para determinar el sexo del pollito es la forma del huevo, que explica aproximadamente el 67,3% de la variabilidad en el sexo del pollo basado en la forma del huevo. Este valor es bastante robusto y sugiere que el modelo tiene una buena capacidad explicativa en este contexto, alineándose con estudios anteriores que han demostrado una capacidad predictiva de la forma del huevo del 6571% en la determinación del sexo de los pollos (Kayadan y Uzun, 2023).

Estos hallazgos aportan una contribución importante a la comprensión de la relación entre las características del huevo y el sexo del pollo, y pueden tener implicaciones prácticas en la selección y manejo de huevos en la industria avícola para evitar la eclosión de numerosos pollitos machos no deseados. Sin embargo, de acuerdo con una revisión reciente de la literatura realizada por Jia et al. (2023) hay que considerar que la precisión del modelo de sexado in ovo basado en la forma aún es insuficiente para su aceptación en las granjas avícolas, debido a que la influencia de factores genéticos y ambientales afectan el desarrollo de los huevos.

CONCLUSIÓN

Nuestros resultados indican que, aunque las dimensiones físicas del huevo (ancho, largo y peso)

ISSN: 3091-1540 Enero – Junio 2025 | Vol. 3, Núm. 1 | pp. 15-26 DOI 10.70171/g454q058

presentan diferencias significativas entre los huevos de pollos machos y hembras, el índice de forma (IF) también revela una asociación significativa con el sexo del pollito. Los análisis comparativos mostraron que los huevos de pollos machos son significativamente mayores en ancho, largo y peso en comparación con los huevos de pollos hembras. Estos hallazgos están en línea con estudios previos que destacan cómo el tamaño del huevo puede influir en la determinación del sexo. Además, el índice de forma mostró una diferencia significativa entre los huevos de machos y hembras. Los huevos de pollos machos, siendo más puntiagudos, presentan un índice de forma más bajo, mientras que los huevos de pollos hembras, con una forma más redondeada, tienen un índice de forma más alto.

El análisis de correlación y regresión logística corroboró que el IF es un predictor significativo del sexo del pollito. Estos resultados son consistentes con investigaciones anteriores que identifican el índice de forma como una medida relevante para distinguir entre los sexos. El índice de forma del huevo explicó el 75% de la variabilidad en el sexo del pollito, subrayando su capacidad para diferenciar entre huevos de pollos machos y hembras.

En conclusión, el índice de forma del huevo no solo muestra diferencias significativas entre los sexos, sino que también se establece como un método prometedor para predecir el sexo del pollito. Estos hallazgos subrayan la importancia de considerar la forma del huevo en el sexaje in ovo y sugieren que, aunque el IF es un predictor valioso, es fundamental continuar explorando y refinando estos métodos, teniendo en cuenta factores adicionales que puedan afectar el desarrollo del huevo y la precisión del sexaje.

Implicaciones y Limitaciones

Los resultados de esta investigación tienen varias implicaciones para la industria avícola y la investigación en morfometría de huevos. Aunque el índice de forma (IF) se muestra como un predictor significativo del sexo del pollito, la forma del huevo en sí misma demuestra ser un indicador relevante. Esto sugiere que, en el contexto del sexaje in ovo, la evaluación visual de la forma del huevo podría ser una herramienta útil para predecir el sexo del pollito, lo que podría ayudar a mejorar la eficiencia en la selección y manejo de huevos en la producción avícola.

Para la industria avícola, esto podría significar un avance en la reducción de la cantidad de pollitos no deseados que nacen, permitiendo una mejor planificación y manejo de las crías. La aplicación de técnicas más precisas en el sexaje in ovo puede contribuir a una mayor eficiencia económica y una reducción en el desperdicio de recursos asociados con la crianza de pollitos de sexo no deseado.

A pesar de los hallazgos relevantes, esta investigación presenta algunas limitaciones que deben ser consideradas. En primer lugar, el tamaño de muestra utilizado puede haber influido en la capacidad para detectar asociaciones significativas entre el índice de forma y el sexo del pollito. Un tamaño de muestra más grande podría proporcionar una mayor precisión en los resultados.

Otra limitación es la falta de control sobre factores genéticos y ambientales que podrían haber afectado el desarrollo del huevo y, por ende, el índice de forma. Factores como la alimentación de las aves reproductoras, las condiciones de incubación y las características genéticas podrían haber influido en la forma del huevo y su relación con el sexo del pollito.

Finalmente, la precisión del modelo de sexaje in ovo basado en el índice de forma del huevo todavía puede estar limitada por la influencia de factores externos no considerados en el estudio. Es necesario realizar investigaciones adicionales para validar estos resultados en diferentes contextos y

ISSN: 3091-1540 Enero – Junio 2025 | Vol. 3, Núm. 1 | pp. 15-26 DOI 10.70171/g454q058

condiciones, y para explorar la influencia de factores adicionales en la precisión del sexaje.

Contribuciones

Jácome-Gómez, Alvarado-Loor y Zambrano-Mendoza: Diseño de la investigación, administración del proyecto, análisis e interpretación formal de datos, redacción manuscrito y revisión final del manuscrito. Toma de datos, revisión de la bibliografía y redacción manuscrito. He leído y aprobado la versión final del manuscrito, así mismo estoy de acuerdo con la responsabilidad de todos los aspectos del trabajo presentado en este informe.

Conflicto de interés

Las autoras declaran no tener conflictos de interés en relación con el trabajo presentado en este informe.

Uso de inteligencia artificial

No se usaron tecnologías de IA o asistidas por IA para el desarrollo de este trabajo.

FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

Alasahan, S., & Copur, A. G. (2016). Hatching characteristics and growth performance of eggs with different egg shapes. *Brazilian Journal of Poultry Science*, *18*, 01-08. https://doi.org/10.1590/1516-635X1801001-008

Aleinikov, A. F., Osipenko, I. V., Cheshkova, A. F., & Smirnov, E. S. (2023). Possibilities of the Spectrometry Method in Determining the Sex of Hatching Egg Embryos. *Russian Agricultural Sciences*, *49*(Suppl 2), S356-S362. https://doi.org/10.3103/S1068367423080025

Alin, K., Fujitani, S., Kashimori, A., Suzuki, T., Ogawa, Y., & Kondo, N. (2019). Non-invasive broiler chick embryo sexing based on opacity value of incubated eggs. *Computers and Electronics in Agriculture*, *158*, 30-35. https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.01.029

Batanov, S., Baranova, I., Starostina, O., & Shkarupa, E. (2024). The influence of morphological parameters of eggs on the results of incubation. In *BIO Web of Conferences* (Vol. 118, p. 01027). *EDP Sciences*. https://doi.org/10.1051/bioconf/202411801027

Blanco, A. E. (2023). *Soluciones y retos del sector avícola de puesta para acabar con el sacrificio de los pollitos macho*. *Revista aviNews España*. https://www.agrinews.com/incubacion

de Haas, E. N., Oliemans, E., & van Gerwen, M. A. (2021). The need for an alternative to culling day-old male layer chicks: A survey on awareness, alternatives, and the willingness to pay for alternatives in a selected population of Dutch citizens. *Frontiers in Veterinary Science*, *8*, 662197. https://doi.org/10.3389/fvets.2021.662197

Fazazi, A. O. T., & Leigh, A. O. (2015). Determinación estadística del sexo del polluelo a partir de mediciones de los huevos antes de la eclosión. *International Journal of Livestock Production*, *6*(7), 87-90. https://doi.org/10.5897/IJLP2012.008

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ª ed.). McGraw-Hill.

Hernandez-Valdez, J. E., Castro-Salinas, D., Honorio-Javes, C. E., & Pajuelo-Risco, F. M. (2023). Sexaje in ovo con Imágenes Hiperespectrales (HSI): Un método no destructivo y no invasivo. *Agroindustrial Science*, *13*(3), 189-198. https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2023.03.10

ISSN: 3091-1540 Enero – Junio 2025 | Vol. 3, Núm. 1 | pp. 15-26 DOI 10.70171/g454q058

IBM Corp. (2012). IBM SPSS Statistics for Windows. Armonk, NY: IBM Corp.

Jia, N., Li, B., Zhu, J., Wang, H., Zhao, Y., & Zhao, W. (2023). A review of key techniques for in ovo sexing of chicken eggs. *Agriculture*, *13*(3), 677. https://doi.org/10.3390/agriculture13030677

Kaleta, E. F., & Redmann, T. (2008). Approaches to determine the sex prior to and after incubation of chicken eggs and of day-old chicks. *World's Poultry Science Journal*, *64*(3), 391-399. https://doi.org/10.1017/S0043933908000111

Kayadan, M., & Uzun, Y. (2023). High accuracy gender determination using the egg shape index. *Scientific Reports*, *13*(1), 504. https://doi.org/10.1038/s41598-023-27772-4

Krachoksri, K., Manwong, S., Jainoy, P., Intajak, J., Suwanlee, S., & Wattanakul, W. (2018). Relationship of sex of chicks and egg characteristic. http://www.jare.mju.ac.th/index.php/journal/book/17-35-2-2-vol35-no2-suppl-2/15-vol35

Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, & Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro – AGROCALIDAD. (2017). *Guía de buenas prácticas avícolas*. https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2020/05/pecu4.pdf

Moyano, E. M., & Fernández, C. A. P. (2019). Características morfométricas del huevo fértil y su relación con el sexo en aves de postura comercial marrón. *Revista Facultad de Ciencias Agropecuarias-FAGROPEC*, *11*(2), 119-128. https://doi.org/10.47847/fagropec.v11n2a5

Romera, B. M., Advínculo, S. A., Canet, Z. E., Dottavio, A. M., & Di Masso, R. J. (2022). Dinámica del largo, el ancho y la forma del huevo en tres poblaciones de gallinas camperas. *InVet*, *24*(2), 1-9. https://www.fvet.uba.ar/archivos/publicaciones/invet/vol24-2-2022/T01-24(2)2022.pdf

Wang, L. C., Ruan, Z. T., Wu, Z. W., Yu, Q. L., Chen, F., Zhang, X. F., ... & Liu, Z. G. (2021). Geometrical characteristics of eggs from 3 poultry species. *Poultry science*, *100*(3), 100965.

Yilmaz-Dikmen, B. İ. L. G. E. H. A. N., & Dikmen, S. E. R. D. A. L. (2013). A morphometric method of sexing white layer eggs. *Brazilian Journal of Poultry Science*, *15*, 203-210. https://doi.org/10.1590/S1516-635X2013000300006