

## Rendimientos productivos, morfología y microbiología de los huevos de gallinas Hy-Line Brown, Novogen, Rhode Island Red y Sex Link

Sianny Chavarría Zamora<sup>1</sup> , Alejandro Chacón Villalobos<sup>2</sup> , Rodolfo WingChing-Jones<sup>3</sup>  & Rebeca Zamora Sanabria<sup>3</sup> 

1. Universidad de Costa Rica, Escuela de Zootecnia, San José, Costa Rica; sianny.chavarria@ucr.ac.cr
2. Universidad de Costa Rica, Estación Experimental Alfredo Volio Mata, Cartago, Costa Rica; alejandro.chacon@ucr.ac.cr
3. Universidad de Costa Rica, Escuela de Zootecnia, Centro de Investigación en Nutrición Animal, San José, Costa Rica; rodolfo.wingching@ucr.ac.cr, rebeca.zamora@ucr.ac.cr

Received 11-III-2021 • Corrected 05-IV-2021 • Accepted 06-V-2021

DOI: <https://doi.org/10.22458/urj.v13i2.3459>

**ABSTRACT.** “Productive parameters, morphology and microbiology of eggs produced by Hy-Line Brown, Novogen, Rhode Island Red and Sex Link hens”. **Introduction:** Commercial egg production requires an understanding of how egg quality is affected by production conditions, housing systems, animal welfare, bird age, and breed. **Objective:** To describe egg characteristics of four chicken breeds in Costa Rica. **Methods:** We studied the egg production of four breeds, in 2017 in Turrialba, Costa Rica, recording production conditions, yield, and egg morphology and microbiology (*Salmonella* spp., *Escherichia coli*, total coliforms and total aerobic count). **Results:** Breeds differed in yield, and egg weight and shell thickness increased with age. Only the cage system and free-range hens had acceptable levels of microbiological contamination. **Conclusions:** There were differences between all the productive and morphological characteristics evaluated for the egg, when housing, age and genetics were considered.

**Keywords:** Egg, hen housing systems, morphology, production, microbiology.

**RESUMEN. Introducción:** La producción comercial de huevos requiere comprender cómo se ve afectada la calidad del huevo por condiciones de producción, sistemas de alojamiento, bienestar animal, edad de las aves, y raza. **Objetivo:** Describir las características del huevo de cuatro razas de pollos y gallinas en Costa Rica. **Métodos:** En 2017 estudiamos la producción de huevos de cuatro razas de gallina en Turrialba, Costa Rica, registrando las condiciones de producción, rendimiento y morfología y microbiología del huevo (*Salmonella* spp., *Escherichia coli*, coliformes totales y recuento aeróbico total). **Resultados:** Las razas difirieron en rendimiento, y el peso del huevo y grosor de la cáscara aumentaron con la edad. Solo el sistema de jaulas y las gallinas con acceso a pastoreo tenían niveles aceptables de contaminación microbiológica. **Conclusiones:** Hay diferencias entre todas las características productivas y morfológicas evaluadas para el huevo, cuando se consideró el alojamiento, la edad y la genética.

**Palabras clave:** Huevo, alojamiento para gallinas, morfología, producción, microbiología.

A nivel mundial, los principales países productores de huevo son China, Estados Unidos, la India, Japón y México (Aguirre & Pizarro, 2018). La Comisión Internacional del Huevo (International Egg Commission, 2015) reportó que el 90% del huevo consumido a nivel mundial provino de sistemas en jaula convencional, y el restante porcentaje de sistemas alternativos como el de piso y aquellos con acceso a pastoreo. En Costa Rica, para el año 2014, el Instituto Nacional de Encuestas y Censos reportó una existencia de 4 406 306 gallinas ponedoras (INEC, 2015). SEPSA (2016) por su parte reportó una producción de 61 138 toneladas métricas de huevo al año, lo cual representó el 21%



del PIB del sector pecuario. La producción se concentra en las provincias de Heredia, San José y Alajuela (CANAVI, 2016).

Existen diferentes sistemas de alojamiento para las aves en producción de huevo, los cuales suelen diferenciarse por variaciones en el manejo general, la densidad animal, la alimentación y los rendimientos productivos. Los sistemas de jaula convencional se caracterizan por ser intensivos, manteniendo una mayor cantidad de aves en menor espacio (UEP, 2016), mientras que los sistemas alternativos suelen ser extensivos y mantienen a las aves libres sin empleo de jaulas convencionales, además, algunos incluyen el acceso a espacios con cobertura vegetal (Hughes, 2012). Dentro de los sistemas alternativos se encuentran los aviarios, el sistema de piso, el ecológico, el orgánico y el sistema con acceso a pastoreo (American Veterinary Medical Association, 2012).

Debido a las consideraciones del mercado europeo en torno al bienestar animal (European Commission, 2005; European Commission, 2007; Nocella et al., 2009), en el año 2012, la Unión Europea prohibió el uso de jaulas convencionales en sistemas de producción de huevo (Ruíz, 2018). Estas preocupaciones surgen debido a que cada vez son más los consumidores que se preocupan por el origen de los huevos que consumen, su inocuidad y el cuidado que reciben las aves (Nocella, et al., 2009). Los animales alojados en jaulas convencionales son percibidos por algunos sectores como seres que viven con poco espacio y que presentan limitaciones para expresar su etología (HSI, 2013). Si bien es cierto los diferentes sistemas de alojamiento presentan diferencias en cuanto a rendimientos productivos, sanitarios y de calidad de huevo (American Veterinary Medical Association, 2012), no son pocos quienes tienden a inclinarse más por las ventajas en cuánto a bienestar animal se refiere.

La calidad y la inocuidad del huevo engloba desde las características morfológicas, microbiológicas y nutricionales (Holt et al., 2011; Rodríguez, 2016), hasta las preferencias que establece el consumidor (Zaheer, 2015). Estos factores a su vez se ven influenciados por el manejo nutricional, el manejo general, el ambiente, el sistema de alojamiento (Holt et al., 2011), asimismo como por parámetros intrínsecos del ave como la genética (Rizzi & Chiericato, 2010; Holt et al., 2011; Sokołowicz et al., 2018), la salud, el bienestar animal y la edad (Ferrante et al., 2009; Samiullah et al., 2017; Sokolowicz et al., 2018). La calidad está definida entonces por una serie de características internas y externas (Van Den Brand et al., 2010; Rodríguez, 2016), las cuales después de la postura no pueden ser mejoradas, pero deben ser mantenidas para evitar pérdidas posteriores durante el trasiego y el almacenamiento (Zaheer, 2015). La calidad microbiológica del huevo está relacionada con su vida útil; la carga microbiana incluso puede ser causante de enfermedades de transmisión alimentaria (ANMAT, 2014). El huevo puede contaminarse durante su formación debido a un oviducto infectado (Okamura et al., 2001), al pasar por la cloaca (De Reu et al., 2006), y al tener contacto posterior con otras superficies (Kaiser & Lamont, 2001).

La presión de los consumidores en torno al bienestar animal, y por ende de los supermercados, hoteles y cadenas de comidas rápidas que los tienen como parte de su clientela, podría obligar a algunos productores a migrar su producción hacia sistemas alternativos que garanticen un alojamiento percibido como adecuado para las gallinas. En este eventual entorno productivo futuro, los aspectos técnicos, económicos y de calidad de huevo deben ser analizados detalladamente. Esta investigación tuvo como objetivo efectuar un análisis descriptivo de los rendimientos productivos, así como de la morfología y microbiología del huevo de aves de diferentes genéticas, tanto en jaula convencional como para el sistema de piso y sistema con acceso a pastoreo. Se espera esto sirva como fundamento para futuros análisis productivos, económicos, de inocuidad y bienestar animal.



## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en época lluviosa, entre agosto y diciembre del año 2017, en el cantón central de Turrialba, Cartago, Costa Rica. Dicha zona pertenece a la región climática del Caribe con una altitud de 602msnm, 361,8mm de lluvia mensual y una temperatura promedio máxima de 29,9°C y mínima de 20,3°C (IMN, 2017). Se basó en la observación y descripción de un único sistema de producción para cada genética de los rendimientos productivos, evaluación de la calidad morfológica y microbiológica de los huevos de gallinas Hy-Line Brown (HLB) en jaula convencional, Novogen (NG) en sistema de piso, Rhode Island Red (RIR) y Sex Link (SL) ambas con acceso a pastoreo.

**Descripción de los sistemas productivos:** En el caso de las gallinas HLB se manejó una densidad en jaula convencional de 450cm<sup>2</sup>/ave, la dieta ofrecida consistió en alimento balanceado con 18% de proteína cruda (PC), 3,50% de extracto etéreo (EE), 6% de fibra cruda (FC), 4-4,40% de calcio (Ca), 0,30-0,40% de sal (NaCl) y 2900 Kcal EM/kg. Se dio una recolección del huevo de dos veces al día, esté caía en la rejilla inmediatamente después de que se daba la ovoposición.

Para las aves en piso (NG) se mantuvo una densidad de 7 aves/m<sup>2</sup>, se les proporcionó alimento balanceado con 18% de PC, 3% de EE, 5% FC, 3,80-4,30% de Ca, 0,25-0,35% NaCl y 2 850Kcal EM/kg. El huevo era puesto en nidos con cama de burucha la cual se cambiaba una vez a la semana y era recolectado tres veces al día.

En el sistema con acceso a pastoreo se manejaron densidades de 6 aves/m<sup>2</sup> y 5 aves/m<sup>2</sup> para las aves SL y RIR respectivamente. Se mantuvo una densidad en potreros de 2,6 gallinas/m<sup>2</sup> para las RIR y de 3 gallinas/m<sup>2</sup> para las SL. La cobertura vegetal del área de pastoreo fue de pasto Estrella (*Cynodon nlemfuensis*). El aporte nutricional del forraje se consideró como un extra ya que la dieta cubrió el 100% de los requerimientos nutricionales. El alimento balanceado ofrecido contaba con 18% de PC, 3% de EE, 5% de FC, 3,5-4,5% Ca, 0,3-0,4% de sal y 2 850Kcal EM/kg. El huevo era puesto en los nidos cubiertos con heno el cual se cambiaba cada vez que presentará suciedad y se realizaban recolecciones dos veces al día.

**Rendimientos productivos:** Por medio del análisis independiente de registros de cada una de las genéticas de esta investigación se estimó el porcentaje de producción al inicio de la postura (porcentaje de aves que pusieron huevo a las 20 semanas de edad) y el porcentaje de producción alcanzado al pico (semana en la que cada genética presentó el máximo porcentaje de producción del ciclo productivo). También se estableció el porcentaje de mortalidad acumulada desde la semana 20 hasta la semana 77 de vida para cada genética, así como el porcentaje de huevo sucio (todo huevo que requiriese de limpieza para su comercialización), durante un periodo de 11 semanas. El consumo de alimento por ave por día también fue determinado. Los resultados de los rendimientos productivos se compararon con los estándares productivos de cada genética y la información disponible en la literatura.

**Características morfológicas del huevo:** La calidad morfológica del huevo se evaluó para cada genética en dos momentos de la postura clasificados como edad mediana (41 a 60 semanas de edad) y de edad vieja (61 semanas de edad en adelante) con el fin de evaluar el efecto del avance de la edad sobre los parámetros morfológicos.

De cada genética se tomaron de manera aleatorizada 30 unidades de huevo con un día de puestos, cada cartón de huevo fue etiquetado según la genética correspondiente y cada huevo fue



identificado con la numeración del 1 al 30 en su cáscara según correspondiese, empleando un lápiz de grafito.

Cada huevo fue evaluado para 10 variables morfológicas: peso de huevo (g), peso de yema (g), peso de albumen(g), peso de cáscara (g) empleando una balanza electrónica, cálculo del índice morfológico según Scholtyssek (1970), índice de yema y grosor de cáscara (mm) utilizando un pie de rey, cálculo de Unidades Haugh (UH) siguiendo la fórmula de Silversides y Budgell (1994), así como color de yema y color de cáscara mediante el uso del abanico de Roche en una escala colorimétrica de 15 dimensiones, y complementariamente la aplicación del colorímetro ZINPRO de 9 dimensiones respectivamente.

**Características microbiológicas del huevo:** Se realizaron un total de tres muestreos efectuados aleatoriamente al azar bajo las mismas condiciones cada 10 días, recolectando 30 unidades de huevo provenientes de cada uno de los sistemas de alojamiento (jaula, piso y con acceso a pastoreo). Estos se recogieron del lugar de puesta; dicho lugar correspondió a nidos en el caso del sistema de piso y con acceso a pastoreo, y a la rejilla donde cae el huevo en el sistema de jaula. En dicha recolección se emplearon guantes de látex, pasándose a depositar los huevos en separadores de huevos previamente desinfectados con butano y propano. Estos separadores se colocaron en cajas plásticas con tapa también desinfectadas, y se llevaron al laboratorio para su análisis.

Una vez en el laboratorio se tomaron al azar 20 unidades de huevo de cada sistema de alojamiento para analizar a nivel interno (yema + albumen) tanto *Salmonella spp* (métodos 967.25, 967.28, 994.04, 978.24 de la AOAC), como *E.coli*, coliformes totales (método 9.91-9.94) y bacterias mesófilas (método CMMEF 6.523 ; 6.524).

**Análisis estadístico y diseño experimental:** El tipo de muestreo realizado fue aleatorio al azar. Para rendimientos productivos según genética y para las características microbiológicas según sistema de alojamiento se aplicó estadística descriptiva. En el caso de las variables morfológicas se realizó un ANOVA con la hipótesis de que la edad no afecta la calidad del huevo. Se aplicó la prueba *post-hoc* de Scheffé, en el sistema estadístico SAS 9.5.

## RESULTADOS

A continuación, se describen los rendimientos productivos observados desde la semana 20 a la 77 de edad según la genética de las aves (Tabla 1).

**TABLA 1**

Rendimientos productivos observados de las gallinas ponedoras según genética en sistemas de producción ubicados en el cantón de Turrialba, Cartago, Costa Rica

Parámetro	HLB	NG	SL	RIR
Porcentaje de producción a inicio de postura en semana 20 (%)	72,6	81,45	70,00	44,80
Pico de postura (%)	91,22	96,39	83,30	70,12
Edad de pico de postura (semanas)	26	25	29	34
Mortalidad acumulada (%)	5,95	5,53	7,89	7,89
Consumo de alimento (g/ave/día)	113,79	117,03	131,90	130,05
Huevo sucio (%)	0,83	6,49	22,26	28,17

HLB= Hy-Line Brown, NG= Novogen, SL= Sex Link, RIR= Rhode Island Red.



Al realizar el análisis microbiológico del huevo según sistema de alojamiento (jaula, piso y con acceso a pastoreo) (Tabla 2), se ve que las muestras tomadas del sistema con acceso a pastoreo y el sistema de jaula cumplen con los parámetros establecidos por el Reglamento Técnico Centroamericano (RTCR 397:2006) en todos los muestreos, sin embargo, el sistema de piso en el segundo muestreo expuso valores del recuento total aerobio y coliformes totales por encima de los tolerables, los cuales son posiblemente indicadores de deterioro sanitario.

**TABLA 2**

Valoración microbiológica del huevo según el sistema de alojamiento de las aves en el cantón de Turrialba, Cartago

Análisis	Jaula			Piso			Pastoreo		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
<i>Salmonella sp.</i> (P o A*)	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Recuento total aerobio (UFC/g)	< 100	< 100	< 100	< 100	740000	< 100	< 100	< 100	< 100
Coliformes totales (NMP/g)**	< 3	< 3	< 3	< 3	>110000	150	< 3	< 3	< 3

\*(P o A): Presencia o Ausencia. \*\* Una unidad de UFC = una unidad de NMP.

Se muestra la descripción de los parámetros de calidad morfológica del huevo según genética y dentro de cada una de ellas la comparación considerando el rango de edad del ave (Tabla 3).

**TABLA 3**

Parámetros morfológicos, rendimientos de las fracciones del huevo, índices de frescura y colorimétricos para las diferentes genéticas

Edad en semanas	HLB		NG		SL		RIR	
	41-60	61-80	41-60	61-80	41-60	61-80	41-60	61-80
<b>VARIABLES MORFOLÓGICAS</b>								
Peso del huevo (g)	62,37	63,70	59,86 <sup>b</sup>	65,93 <sup>a</sup>	62,87	65,60	62,68 <sup>b</sup>	66,77 <sup>a</sup>
Índice morfológico	76,57 <sup>a</sup>	74,40 <sup>b</sup>	75,97	76,31	75,35 <sup>a</sup>	72,51 <sup>b</sup>	75,07 <sup>a</sup>	73,53 <sup>b</sup>
Índice de yema	0,42	0,39	0,39	0,42	0,49	0,42	0,40	0,42
Unidades Haugh	85,24 <sup>a</sup>	80,84 <sup>b</sup>	81,70	84,00	83,63 <sup>a</sup>	79,62 <sup>b</sup>	85,91	89,08
Peso yema (g)	17,87 <sup>a</sup>	17,41 <sup>b</sup>	16,24 <sup>b</sup>	18,43 <sup>a</sup>	16,89 <sup>b</sup>	19,96 <sup>a</sup>	17,89 <sup>b</sup>	19,03 <sup>a</sup>
Peso albumen (g)	36,00	37,59	35,13	37,17	37,18	37,83	37,25 <sup>b</sup>	39,51 <sup>a</sup>
Peso cáscara (g)	8,50	8,43	8,53 <sup>b</sup>	10,33 <sup>a</sup>	7,21 <sup>b</sup>	8,00 <sup>a</sup>	7,33 <sup>b</sup>	8,50 <sup>a</sup>
Color de cáscara	4,80 <sup>b</sup>	5,50 <sup>a</sup>	4,20 <sup>b</sup>	4,70 <sup>a</sup>	3,77 <sup>a</sup>	2,97 <sup>b</sup>	4,13 <sup>a</sup>	2,70 <sup>b</sup>
Grosor de cáscara (mm)	0,70	0,67	0,45 <sup>b</sup>	0,51 <sup>a</sup>	0,33 <sup>b</sup>	0,56 <sup>a</sup>	0,36 <sup>b</sup>	0,48 <sup>a</sup>
Color de yema	11,73	11,93	10,17 <sup>b</sup>	10,93 <sup>a</sup>	10,80 <sup>a</sup>	10,00 <sup>b</sup>	10,90 <sup>a</sup>	10,17 <sup>b</sup>

<sup>a</sup> y <sup>b</sup> letras diferentes entre edades según genética, indican diferencias significativas (p<0,05).

Para todas las genéticas el peso del huevo tuvo un aumento conforme avanza la edad de las aves, sin embargo, este cambio fue significativo (p<0,05) en el huevo proveniente de las aves NG y RIR. El rango de incremento en el peso del huevo reportado durante 40 semanas para todas las genéticas varió de 2,13% a 10,14%. El índice morfológico disminuyó significativamente (p<0,05) con el aumento de la edad de las aves HLB, SL y RIR, mientras que en las NG tuvo un incremento no significativo (p>0,05).

Para todas las genéticas se encontraron mejores índices de yema en la edad vieja, sin embargo, las diferencias no fueron significativas en comparación con la edad media (p>0,05). Dentro de la escala cualitativa de las Unidades Haugh (UH) (Arias, 1998), todos los valores promedio de UH encontrados se clasificaron como muy buenos, e iban de valores entre 79,62 a 85,91 UH. En el caso de las aves HLB y SL se determinó que conforme aumentó la edad de las aves las UH disminuyeron significativamente (p<0,05).



En la edad vieja del ave se encontró un mayor peso de la yema con diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) para las gallinas NG, SL y RIR. En el caso de las aves HLB la tendencia fue hacia la disminución significativa ( $p < 0,05$ ) del tamaño de la yema con forme el ave envejece. En cuanto al color de yema se observó que para las genéticas HLB y NG tiende a aumentar con la mayor edad del ave, sin embargo, este cambio solo fue significativo en las gallinas NG ( $p < 0,05$ ), caso contrario a lo mostrado por las gallinas SL y RIR que presentaron una disminución significativa ( $p < 0,05$ ) del color de yema con forme la edad del ave aumenta.

El color de cáscara para todos los huevos de este estudio se clasificó como marrón. Las gallinas SL y RIR presentaron una disminución significativa del color de cáscara en la edad vieja, sin embargo, las aves HLB y NG mostraron un aumento en la coloración de la cáscara con el incremento de la edad, pero, este cambio no fue significativo para las aves HLB ( $p > 0,05$ ). Las gallinas NG, SL y RIR manifestaron un mayor grosor de cáscara en la edad vieja ( $p < 0,05$ ), contrario a lo ocurrido en el grosor de cáscara de los huevos de las gallinas HLB, los cuales tuvieron un mayor, pero no significativo grosor en la edad mediana ( $p > 0,05$ ), todo esto concuerda con lo encontrado en cuanto al peso de cáscara el cual aumento significativamente ( $p < 0,05$ ) durante la edad vieja de las aves NG, SL y RIR.

## DISCUSIÓN

La literatura reporta que el porcentaje de producción de aves HLB al inicio de la postura varía de 45 a 72%, dándose el pico de postura entre la semana 27 y 29 de edad para un pico de producción de 95 a 96% (Hy-Line, 2018). Para aves NG, autores como Islam (2018) señalan un porcentaje de postura a las 20 semanas de 70,58% alcanzando un pico productivo de 86,16% entre las 30 a 34 semanas de edad. Según reportan Calik (2014) y Tetra (2021), la raza RIR inicia a la semana 20 con 36,8% de producción alcanzando un pico de 74,69% entre la semana 25 y 28, mientras que el cruce SL inicia con 38,8% en la semana 20 alcanzando un pico de 92,4% en la semana 27. Factores como la nutrición, alojamiento, manejo (Rizzi & Chiericato, 2010; Holt et al., 2011; Sokolowicz et al., 2018), la edad, genética y bienestar de las aves afectan estos rendimientos (Ferrante et al., 2009; Samiullah et al., 2017; Sokolowicz et al., 2018).

La mortalidad acumulada debe ubicarse entre 5 y 7% (Castelló et al., 2010), soliendo darse un incremento en sistemas alternativos debido a una mayor exposición del ave a patógenos, polvo y altos niveles de amoníaco que causan problemas respiratorios (De Reu et al., 2006; Hughes, 2012). A las dificultades para controlar el ambiente se suman además el canibalismo y ataque de depredadores (Fossum et al., 2009; Lay et al., 2011). Autores como Calik (2014) y Hy-Line (2018) reportan a la semana 77 mortalidades acumuladas de 3,56% para la RIR y 4,7% para la HLB. Una mayor libertad de movimiento y una mala condición del plumaje aumenta el gasto energético y el consumo de alimento (Leyendecker et al., 2001; Leinonen et al., 2012; MacKenney & Monzón, 2014; Yilmaz Dikmen et al., 2016; Cruz, 2018). Se reportan para HLB consumos de 105-112 g/ave/día (Hy-Line, 2018); para NG 124,5 g/ave/día (Islam, 2018), para RIR 105-118 g/ave/día (Calik, 2014) y para las SL de 118-123 g/ave/día (Tetra, 2021).

En sistemas alternativos las patas de las aves, la puesta en el suelo y las heces en el nido promueven la suciedad del huevo (De Reu, 2006), y por ende de las superficies que entran en contacto con los mismos contaminando materiales y hasta las manos de los operarios (Domínguez, 2012; Sparks, 2014). Por ello es recomendable aumentar la frecuencia de recolección del huevo (Miao et al., 2005; Tetra, 2021), para reducir la acumulación de suciedad (Miao et al., 2005; ANMAT, 2014; Yilmaz Dikmen et al., 2016). Limpiar un huevo sucio puede alterar la cutícula cerosa que lo cubre, abriendo las puertas a la potencial contaminación microbiológica (Lin et al., 2016; Bain et al., 2013). El Reglamento Técnico Centroamericano (RTCR 397, 2006) prohíbe la venta de huevo lavado



o mojado no protegido posteriormente con un recubrimiento oleoso de grado alimenticio. En este sentido son criterios de inocuidad la ausencia de *Salmonella* sp, recuentos de mesófilos aerobios menores a 1 000 000UFC/g y a 1 000UFC/g para coliformes totales y *E. coli* (RTCR 397, 2006). Alojamiento en jaula, exponer al huevo al mínimo contacto con el ave y la ausencia de nido favorecen la calidad microbiológica del huevo (Miao et al., 2005; Jones et al., 2014; Guier, 2017).

El aumento de la edad y el peso del ave se asocian con huevos más grandes (Hocking et al., 2003; Van Den Brand et al., 2010; Krawczyk & Gornowicz, 2010), dándose un incremento medio de 18,97% en 87 semanas (Rodríguez, 2016). Al crecer la ponedora, el hígado es capaz absorber más lípidos que se depositan en mayor cantidad en la yema dando huevos de mayor peso (Castelló et al., 2010). No obstante, la deposición de minerales en la cáscara no aumenta (Leeson et al., 1997; Chang-Ho et al., 2014), dándose al contrario una ralentización del proceso de mineralización de la cáscara por la disminución en la capacidad de absorción de calcio y fósforo (Nys et al., 2001; Rizzi & Marangon, 2012). Un consumo extra de vegetación e insectos aumenta el contenido calórico y puede afectar de forma positiva el peso del huevo (Pérez et al., 2012). El rango óptimo del índice morfológico se encuentra entre 73 y 76 (Rodríguez, 2016), valores que aseguran que el huevo no se quiebre y contamine durante el trasiego. A mayor edad el tracto reproductivo de las aves pierde tonicidad lo que puede hacer bajar este índice (Travel et al., 2010; Hocking et al., 2003). En aves RIR de la semana 21 a la semana 93 este índice pasa de 77,98 a 74,42 (Calik, 2014). El aumento en la edad de las aves suele implicar un descenso en el valor de las Unidades Haugh (Chang-Ho et al., 2014; Calik, 2014; Rodríguez, 2016; Hy-Line, 2018), al afectar la calidad de albumen (Silversides & Budgell, 2004; Lewko & Gornowicz, 2009).

En los sistemas de pastoreo el color de yema está asociado con los carotenos y xantofilas presentes en los forrajes (Leyendecker et al., 2001; Van Den Brand et al., 2010; Bovsková et al., 2014). La especie de la planta y su genética, su edad, tipo de fertilización y la cantidad de radiación solar son factores que afectan el contenido de estos pigmentos (Chauveau-Duriot et al., 2005; Nozière et al., 2006). Autores como Calik (2014), reportan colores intensos de yema a mayor edad de aves RIR.

La intensidad del color de la cáscara es inversamente proporcional a la producción de huevo (Calik, 2014). El estrés de 3 a 4 horas antes de la puesta, cuando se depositan en el huevo los pigmentos (Mertens et al., 2010), así como el uso de sulfonamidas o coccidiostáticos (Cannavan et al., 2000) afectan el color. En gallinas HLB se reporta un leve aumento en el color de la cáscara al aumentar la edad (Chang-Ho et al., 2014). Un color marrón es el preferido por los costarricenses (Peña et al., 2011).

Se requieren más estudios que describan, comparen y separen los efectos del tipo de alojamiento, genética, edad, alimentación, condiciones de manejo, ambientales, sanitarias y de bienestar animal en las condiciones de producción de huevo en Costa Rica.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos el apoyo del módulo aviar de la Sede Atlántico de la Universidad de Costa Rica, las empresas que colaboraron en el proceso y al Centro de Investigación en Nutrición Animal (CINA).



## ÉTICA, CONFLICTO DE INTERESES Y DECLARACIÓN DE FINANCIAMIENTO

Los autores, Sianny Chavarría, Alejandro Chacón, Rodolfo WingChing-Jones y Rebeca Zamora, declaramos haber cumplido con todos los requisitos éticos y legales pertinentes, tanto durante el estudio como en el manuscrito; que no hay conflictos de interés de ningún tipo, y que todas las fuentes financieras se detallan plena y claramente en la sección de agradecimientos. Asimismo, están de acuerdo con la versión editada final del documento. El respectivo documento legal firmado se encuentra en los archivos de la revista.

La declaración de la contribución de cada autor al manuscrito fue la siguiente: S.C.Z.: recolecta de datos, análisis y redacción. A.C.V.: análisis de datos, redacción y revisión del manuscrito. R.W.C.J.: redacción y revisión del manuscrito. R.Z.S.: redacción y revisión del manuscrito.

## REFERENCIAS

- Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica (ANMAT). (2014). *Análisis microbiológico de los alimentos: metodología analítica oficial: microorganismos indicadores*. Red Nacional de Laboratorios Oficiales de Análisis de Alimentos. <https://bit.ly/3AdUQqp>
- Aguirre, R., & Pizarro, M. (2018). *Panorama y mercado del huevo*. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias del Ministerio de Agricultura del Gobierno de Chile. <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2018/04/Huevos.pdf>
- American Veterinary Medical Association. (2012). *Literature review on the welfare implications of laying hen housing*. American Veterinary Medical Association. <https://bit.ly/3y7iCTh>
- Arias, J. L., Fernández, M. S., & Nys, Y. (1998). *¿Qué se entiende por un huevo fresco?* TECNOVET. <https://tecnovet.uchile.cl/index.php/RT/article/view/10464/10520>
- Bain, M., McDade, K., Burchmore, R., Law, A., Wilson, P., Schmutz, M., Preisinger, R., & Dunn, I. (2013). Enhancing the egg's natural defence against bacterial penetration by increasing cuticle deposition. *Animal Genetics*, 44(6), 661-668. <https://doi.org/10.1111/age.12071>
- Tetra. (2021). *Bábolna Harco comercial layer management guide*. <https://bit.ly/3qB9NOS>
- Bovsková, H., Míková, K., & Panovská, Z. (2014). Evaluation of egg yolk color. *Czech Journal Food Science*, 32(3), 213-217. <https://doi.org/10.17221/47/2013-CJFS>
- Cámara Nacional de Avicultores de Costa Rica (CANAVI). 2016. *CANAVI presenta resultados de campaña de promoción de consumo de huevo*. Cámara Nacional de Avicultores de Costa Rica. <https://bit.ly/2SBZPjl>
- Calik, J. (2014). Effect of length of productive life of Rhode Island Red (R-11) hens on their performance and egg quality. *Acta Sci. Pol. Zootechnica*, 13(1), 39-50.
- Cannavan, A., Ball, G., & Glenn Kennedy, D. (2000). Nicarbazin contamination in feeds as a cause of residues in eggs. *Food Additives and Contaminants*, 17(10), 829-836. <https://doi.org/10.1080/026520300420394>
- Castelló, J., Barragán, J., Barroeta, A., & Calvet, S. (2010). *Producción de huevos*. España: Real Escuela de Avicultura.
- Chang-Ho, K., Jong-Ho, S., Jae-Cheong, L., & Kyung-Woo, L. (2014). Age-related changes in egg quality of Hy-Line Brown hens. *International Journal of Poultry Science*, 13(9), 510-514. <https://doi.org/10.3923/ijps.2014.510.514>
- Chauveau-Duriot, B., Thomas, D., Portelli, J., & Doreau, M. (2005). Carotenoids content in forages: variation during conservation. *Rencontre Recherches Ruminants*, 12, 117. <https://doi.org/10.1080/00288233.2011.636061>



- Cruz, A. I. (2018). *Implementación de un sistema para la producción de huevo comercial de gallinas Sex Link y Rhode Island con acceso a pastoreo* (Tesis de Licenciatura). Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- De Reu, K., Gryspeerdt, K., Messens, W., Heyndrickw, M., Uyttendaele, M., Debevere, J., & Herman, L. (2006). Eggshell factors influencing eggshell penetration and whole egg contamination by different bacteria, including *Salmonella Enteritidis*. *International Journal of Food Microbiology*, 112(3), 253-260. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2006.04.011>
- Domínguez, F. A. (2012). *Aspectos microbiológicos del huevo y sus derivados* (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- European Commission. (2005). *Attitudes of Consumers towards the Welfare of Farmed Animals*. Special Eurobarometer 63.2. Brussels, Belgium.
- European Commission. (2007). *Attitudes of EU citizens towards Animal Welfare*. Special Eurobarometer 270. Brussels, Belgium.
- European Commission. (2007). *Attitudes of EU citizens towards Animal Welfare*. European Commission: Special Eurobarometer.
- Ferrante, V., Lolli, S., Vezzoli, G., & Guidobono-Cavalchini, L. (2009). Effects of two different rearing systems (organic and barn) on production performance, animal welfare traits and egg quality characteristics in laying hens. *Italian Journal of Animal Science*, 8(2), 165-174. <https://doi.org/10.4081/ijas.2009.165>
- Fossum, O., Jansson, D. S., Etterlin, P., & Vagsholm, I. (2009). Causes of mortality in laying hens in different housing systems in 2001 to 2004. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 51(3), 1-9. <https://doi.org/10.1186/1751-0147-51-3>
- Guier, M. (2017). *Comparación de las condiciones de producción y la calidad microbiológica, fisicoquímica y sensorial de huevos provenientes de gallinas de pastoreo y de gallinas confinadas en sistema convencional*. [Tesis de Licenciatura, Universidad de Costa Rica]. <http://kerwa.ucr.ac.cr/handle/10669/75018>
- Hocking, P. M., Bain, M., Channing, C. E., Fleming, R., & Wilson, S. (2003). Genetic variation for egg production, egg quality and bone strength in selected and traditional breeds of laying fowl. *British Poultry Science*, 44(3), 365-373. <https://doi.org/10.1080/0007166031000085535>
- Holt, P. S., Davies, R. H., Dewulf, J., Gast, R. K., Huwe, J. K., Jones, D. R., Waltman, D., & Willian, K.R. (2011). The impact of different housing systems on egg safety and quality. *Poultry Science*, 90(1), 251-262. <https://doi.org/10.3382/ps.2010-00794>
- Hughes, B. O. (2012). Alternative Systems for Poultry – Health, Welfare and Productivity. *Poultry Science Symposium Series Volume 30*. Edited by Victoria Sandilands and Paul M. Hocking, *British Poultry Science*, 53(6), 843-845, <https://doi.org/10.1080/00071668.2012.752061>
- Humane Society International (HSI). (2013). *Día Mundial del Huevo Resalta la Creciente Popularidad de los Huevos de Pastoreo*. Humane Society International. <https://bit.ly/3658Kgl>
- Hy-Line. (2018). *Ponedoras comerciales Hy-Line Brown. Guía de manejo*. <https://bit.ly/3h52njM>
- Instituto Meteorológico Nacional (IMN). (2017) *Boletín Meteorológico Mensual*. <https://www.imn.ac.cr/documents/10179/437028/MAYO>
- Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC). (2015). *VI Censo Nacional Agropecuario: Actividades Pecuarias, Prácticas y Servicios Agropecuarios*. Instituto Nacional de Estadística y Censos, Costa Rica. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/U40-10581.pdf>
- International Egg Commission. (2015). *Egg Industry Review*. <https://www.internationalegg.com/resources/scientific-library/>



- Islam, M. (2018). *Impact of age and feed on egg production of Novogen Brown layer bird* (Tesis de Doctorado). Chittagong Veterinary and Animal Sciences University, Bangladesh
- Jones, D. R., Cox, N. A., Guard, J., Fedorka-Cray, P. J., Buhr, R. J., Gast, R. K., Abdo, Z., Rigsby, L. L., Plumblee, J. R., Karcher, D. M., Robinson, R. A., Blatchford, R. A., & Makagon, M. M. (2014). Microbiological impact of three commercial laying hen housing systems. *Poultry Science*, *94*(3), 544-551. <https://doi.org/10.3382/ps/peu010>
- Kaiser, M., & Lamont, S. J. (2001). Genetic line differences in survival and pathogen load in young layer chicks after *Salmonella enterica* serovar Enteritidis exposure. *Poultry Science*, *80*(8), 1105-1108. <https://doi.org/10.1093/ps/80.8.1105>
- Krawczyk, J., & Gornowicz, E. (2010). Quality of eggs from hens kept in two different free-range systems in comparison with a barn system. *Archiv für Geflügelkunde*, *74*(3), 151-157.
- Lay, D. C., Fulton, R. M., Hester, P. Y., Karcher, D. M., Kjaer, J. B., Mench, J. A., Mullens, B. A., Newberry, R. C., Nicol, C. J., O'Sullivan, N. P., & Porter, R. (2011). Hen welfare in different housing systems. *Poultry Science*, *90*(1), 278-294. <https://doi.org/10.3382/ps.2010-00962>
- Leeson, S., Caston, L., & Summers, J. (1997). Layer performance of four strains of Leghorn pullets subjected to various rearing programs. *Poultry Science*, *76*(1), 1-5. <https://doi.org/10.1093/ps/76.1.1>
- Leinonen, L., Williams, A. G., Wiseman, J., Guy, J., & Kyriazakis, I. (2012). Predicting the environmental impacts of chicken systems in the United Kingdom through a life cycle assessment: Egg production systems. *Poultry Science*, *91*(1), 26-40. <https://doi.org/10.3382/ps.2011-01635>
- Leyendecker M., Hamann H., Hartung J., Kamphues J., Ring C., Glünder G., Ahlers C., Sander I., Neumann, U., & Distl O. (2001): Analysis of genotype-environment interactions between layer lines and housing systems for performance traits, egg quality and bone strength. 2nd communication: egg quality traits. *Züchtungskunde*, *73*, 308-323.
- Lewco, L., & Gornowicz, E. (2009). Egg albumen quality as affected by bird origin. *Journal of Central European Agriculture*, *10*(4), 455-464.
- Lin, Y. C., Chen, T. H., Wu, Y. C., Lee, Y. C., & Tan, F. J. (2016). Effects of egg washing and storage temperature on the quality of eggshell cuticle and eggs. *Food Chemistry*, *211*, 687-693. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.05.056>
- MacKenney, L., & Monzón, O. (2014). *Evaluación de las líneas de gallinas ponedoras Hy-Line CV-22® Y Dekalb White® en un sistema de semipastoreo en Zamorano, Honduras*. <https://bit.ly/3ye2bEu>
- Mertens, K., Vaesen, I., Loffel, J., Kempes, B., Kamers, B., Perianu, C., Zoons, J., Darius, P., Decuyper, E., De Baerdemaeker, J., & De Ketelaere, B. (2010). The transmission color value: A novel egg quality measure for recording shell color used for monitoring the stress and health status of a brown layer flock. *Poultry Science*, *89*(3), 609-617. <https://doi.org/10.3382/ps.2009-00261>
- Miao, Z. H., Glatz, P. C., & Ru, J. Y. (2005). Free-range Poultry Production – A Review. *Asian- Australian Journal of Animal Sciences*, *18*(1), 113-132. <https://doi.org/10.5713/ajas.2005.113>
- Nocella, G., Hubbard, L., & Scarpa, R. (2009). Farm Animal Welfare, Consumer Willingness to Pay, and Trust: Results of a Cross-National Survey. *Applied Economic Perspectives and Policy*, *32*(1), 275-297. <https://doi.org/10.1093/aep/ppp009>
- Nozière, P., Graulet, B., Lucas, A., Martin, B., Grolier, P., & Doreau, M. (2006). Carotenoids for ruminants: From forages to dairy products. *Animal Feed Science and Technology*, *131*(3-4), 418-450. <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2006.06.018>
- Nys, Y., Gautron, J., McKee, M. D., Garcia-Ruiz, J. M., & Hincke, M. T. (2001). Biochemical and functional characterization of eggshell matrix proteins in hens. *World's Poultry Science Journal*, *57*(4), 401-413. <https://doi.org/10.1079/wps20010029>



- Okamura, M., Kamijima, Y., Miyamoto, T., Tani, H., Sasai, K., & Baba, E. (2001). Differences among six *Salmonella serovars* in abilities to colonize reproductive organs and to contaminate eggs in laying hens. *Avian Diseases*, 45(1), 61-69. <https://doi.org/10.2307/1593012>
- Peña, M., Castro, A., & Martínez, T. (2011). Conocimientos, opiniones y prácticas respecto al huevo de gallina en familias de comunidades urbana-rural, Costa Rica. *Revista Costarricense de Salud Pública*, 20(1), 32-39.
- Pérez-Bonilla, A., Novoa, S., Garcia, J., Mohiti-Asli, M., Frikha, M., & Mateos, G. G. (2012). Effects of energy concentration of the diet on productive performance and egg quality of brown egg-laying hens differing in initial body weight. *Poultry Science*, 91(12), 3156-3166. <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02526>.
- RTCR (Reglamento Técnico 397:2006). (2006). *Huevos frescos o refrigerados de gallina para consumo humano No. 33115*. Ministerio de Agricultura y Ganadería. <http://www.mag.go.cr/legislacion/2006/de-33115.pdf>
- Rizzi, C., & Chiericato, G.M. (2010). Chemical composition of meat and egg yolk of hybrid and Italian breed hens reared using an organic production system. *Poultry Science*, 89(6), 1239-1251. <https://doi.org/10.3382/ps.2008-00045>
- Rizzi, C., & Marangon, A. (2012). Quality of organic eggs of hybrid and Italian breed hens. *Poultry Science*, 91(9), 2330–2340. <https://doi.org/10.3382/ps.2011-01966>
- Rodríguez, A. (2016). *Tipificación de la calidad del huevo de gallina ecológico y convencional*. Universidad Politécnica de Valencia. <https://bit.ly/3AfdCh2>
- Ruíz, B. (2018). *Los 5 componentes del mercado europeo del huevo*. Industria Avícola. <https://bit.ly/361rftj>
- Samiullah, S., Omar, A. S., Roberts, J., & Chousalkar, K. (2017). Effect of production system and flock age on eggshell and egg internal quality measurements. *Poultry Science*, 96(1), 246-258. <https://doi.org/10.3382/ps/pew289>
- Scholtysek, S. (1970). *Manual de Avicultura Moderna*. España: Editorial Acribia.
- SEPSA (Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria) (2016). *Boletín Estadístico Agropecuario. No. 26*. SEPSA. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/BEA-0026.PDF>
- Silversides, F. G., & Budgell, K. (2004). The Relationships Among Measures of Egg Albumen Height, pH, and Whipping Volume. *Poultry Science*, 83(10), 1619–1623. <https://doi.org/10.1093/ps/83.10.1619>
- Sokołowicz, Z., Krawczyk, J. y Dykiel, M. (2018). Effect of alternative housing system and hen genotype on egg quality characteristics. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 30(8), 695-703. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2018.v30.i8.1753>
- Sparks, N. (2014). Microbiology of fresh eggs. *Encyclopedia of Food Microbiology*, 1(2), 610-616. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384730-0.00089-6>
- Travel, A., Nys, Y., & Lopes, E. (2010). Facteurs physiologiques et environnementaux influençant la production et la qualité de l'oeuf. *INRAE Productions Animales*, 23(2), 155-166. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2010.23.2.3297>
- UEP (United Egg Producers). (2016). *Guidelines for Cage-Free Housing*. United Egg Producers. <https://bit.ly/3ybmvgJ>
- Van Den Brand, H., Parmentier, H., & Kemp, B. (2010). Effects of housing system (outdoor vs cages) and age of laying hens on egg characteristics. *British Poultry Science*, 45(6), 745-752. <https://doi.org/10.1080/00071660400014283>
- Yilmaz Dikmen, B., İpek, A., Sahan, U., Petek, M., & Sözcü, A. (2016). The egg production and welfare of laying hens kept in different housing systems (conventional, enriched cage, and free range). *Poultry Science*, 96(7), 1564-1572. <https://doi.org/10.3382/ps/pew082>



Zaheer, K. (2015). An updated review on chicken eggs: production, consumption, management aspects and nutritional benefits to human health. *Food and Nutrition Sciences*, 6(13), 1208-1220.  
<https://doi.org/10.4236/fns.2015.613127>

