

Una historia de huevos

DAVID ROMERO CAMARENA

El Dr. Romero es investigador del Centro de Ciencias Genómicas de la Universidad Nacional Autónoma de México, en Cuernavaca, Morelos. Su área de especialidad es la genómica bacteriana, con énfasis en mecanismos de cambio en genomas. Es miembro y expresidente de la Academia de Ciencias de Morelos.

Esta publicación fue revisada por el comité editorial de la Academia de Ciencias de Morelos.

*Una caja sin bisagras, llave ni tapa
Pero dentro un tesoro dorado atrapa.*
Acertijo del huevo, en El Hobbit.
J. R. R. Tolkien (1892-1973).

Como muchas personas, estoy muy agradecido por el huevo. Sí, el humilde huevo de gallina, componente indispensable y sabroso en nuestra canasta alimentaria básica. Se dice que en México hay más de 200 recetas culinarias que incluyen al huevo en su elaboración y no lo dudo. En mi caso, tengo dificultades en elegir mi preparación favorita. Según el día, puedo caer con unos huevos motuleños, pero también con unos buenos huevos tirados al estilo veracruzano. Esa combinación de huevos revueltos con frijoles refritos, coronados con queso y acompañados de plátano macho y chile, me hacen caer en la gloria (Fig. 1). Pero bueno, ese es mi gusto y estoy seguro de que ustedes tendrán el suyo. Lo que es seguro es que, independientemente de su preferencia, no faltará en sus hogares, debido a su fácil disponibilidad, relativamente bajo precio y gran aporte nutricional. *Un huevo es poco almuerzo; dos, algo son; tres, almuerzo es...* dice el refrán.



FIGURA 1. HUEVOS tirados estilo veracruzano. Fuente: México en mi cocina (<https://www.mexicoenmicocina.com/wp-content/uploads/2019/01/HUEVOS-REVUELTOS-Y-FRIJOLES-1.jpg>).

Pero ¿cómo llegamos a tener tantas gallinas disponibles para satisfacer nuestro apetito? Si el huevo es la forma de reproducción de los pollos, ¿cómo es que no nos sale un pollito en cada huevo? Estamos familiarizados con los huevos blancos y los huevos rojos, pero ¿cuántos colores pueden tener?

De gallos y gallinas

La palabra pollo viene de latín *pullus*, palabra que se usa para designar a la cría de cualquier ave. A nosotros nos interesan en particular los gallos y las gallinas (*Gallus gallus domesticus*), la especie que actualmente es criada para la producción de carne y huevo (Fig. 2). Esta especie es la versión domesticada de otra conocida como gallo rojo de la jungla (*Gallus gallus*). El evento de domesticación ocurrió en el sur de Asia hace 8000 años; por análisis del genoma completo (de todo el material genético) de la especie actual, sabemos que se originó primordialmente del gallo rojo de la jungla, con contribuciones menores de otras especies como el gallo silvestre gris (*Gallus sonneratii*), el gallo silvestre de Sri Lanka (*Gallus lafayettii*) y el gallo verde silvestre de Java (*Gallus varius*). Como todos los eventos de domesticación, sean estos de plantas o animales, fue un proceso gradual, que culmina con la especie que conocemos actualmente: una especie dócil con los humanos, con un ciclo reproductivo rápido, con una buena eficiencia de conversión de alimento en carne (muy superior a la de otros animales, como los cerdos, los corderos o las reses) y que además produce huevos, otra fuente de alimento.

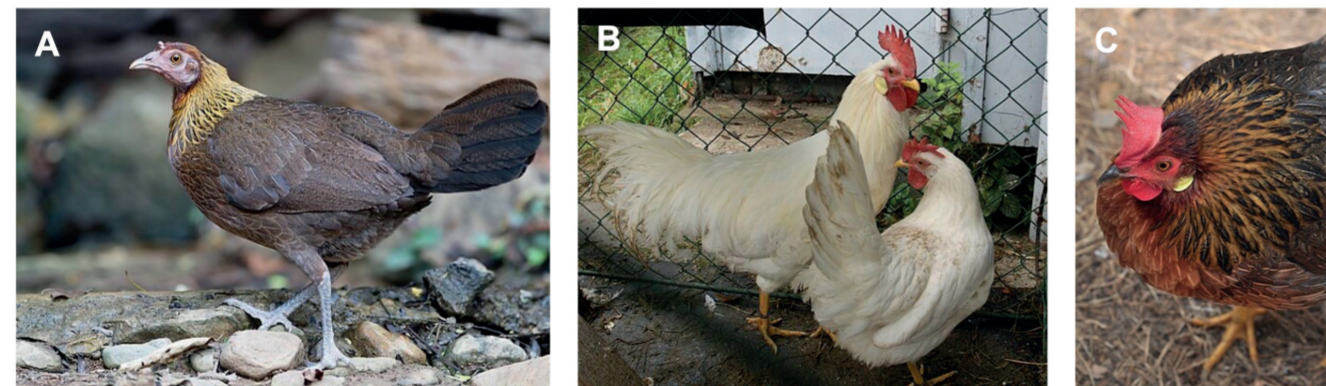


FIGURA 2. DOMESTICACIÓN de las gallinas actuales. A, la gallina roja de la jungla (*Gallus gallus*). B, gallo y gallina domesticadas (*Gallus gallus domesticus*), versión blanca de la variedad Leghorn. C, versión café de la variedad Leghorn. Fuentes, A, (https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/14/Gallus_gallus_female_-_Kaeng_Krachan.jpg/500px-Gallus_gallus_female_-_Kaeng_Krachan.jpg) B, (https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/62/Leghorn_cockerel_and_hen.jpg/500px-Leghorn_cockerel_and_hen.jpg) C, (https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/1b/Cory%27s_chickens_07_-_Brown_Leghorn_hen_%282828696030001%29.jpg/330px-Cory%27s_chickens_07_-_Brown_Leghorn_hen_%282828696030001%29.jpg)

La especie domesticada se dispersó con rapidez por Eurasia, África y la Polinesia, ayudada y transportada por los humanos. América es un caso especial. En Mesoamérica no existían gallos ni gallinas antes de la llegada de los europeos. Los mexicas y otras etnias empleaban huevos en su alimentación, pero estos eran de guajolotes y otras aves. La introducción de las gallinas por los europeos amplió la base alimenticia en América. Por mucho tiempo se pensó que la ruta europea fue la única entrada de las gallinas en América, pero datos recientes muestran que en Sudamérica existieron

gallinas antes de la llegada de los europeos, transportadas posiblemente por migrantes polinesios.

La facilidad de su crianza y la relevancia alimenticia de su carne y huevos, hacen que los gallos y gallinas domesticadas se hayan extendido por todo el mundo, con excepción de la Antártida. A pesar de su gran consumo, la población de gallos y gallinas vivas es tres veces superior a la de los seres humanos.

La gallina estaba chueca, puso un huevo y dijo ¡ureka!

Corriendo el riesgo de decir lo obvio, los huevos vienen de las gallinas. Cuando las gallinas adultas producen óvulos, estos pueden ser fertilizados por los espermatozoides de los gallos. El embrión resultante ocupa un sector en la superficie de la yema del huevo, alimentándose de ella, mientras que la clara provee protección mecánica y química durante el desarrollo del embrión; el cascarón y la capa más externa (la cutícula) son las cubiertas protectoras. Al poner los huevos fertilizados, el desarrollo del embrión toma 21 días, tiempo durante el cual la gallina tiene que incubarlos (empollarlos), proveyendo la temperatura, movimiento y protección necesarias.

¿Qué pasa si la gallina ovula, pero no es fertilizada por un gallo? Lo fascinante es que, a pesar de eso, se produce un huevo, pero este carece de un embrión. Esos son los huevos que consumimos. En condiciones naturales, una gallina puede ovular cada 24 a 36 horas, pero eso es en las condiciones más favorables. Se requiere que la gallina esté sana, con alimentación abundante, poco stress, una temperatura cálida y ciclos mayores de luz que de oscuridad, condiciones que ocurren principalmente en el verano. Además,

vos por gallina en los Estados Unidos, las gallinas ponedoras ya producían, en 1925, 74 huevos por año (Fig. 3 A). Pero la figura muestra algo más: durante todo el siglo XX ocurrió un aumento prácticamente continuo en el número de huevos producidos por gallina por año, alcanzando en 2025 una producción de 243 huevos por gallina por año. ¡En cien años aumentó más de tres veces la producción anual de huevo por gallina! Y estos números son solo promedios: hay reportes de gallinas que llegan a producir hasta 340 huevos por año. Desde luego, los niveles más altos de producción de huevo pueden afectar la salud de la gallina, llevando inclusive a osteoporosis, si no se provee el cuidado adecuado.

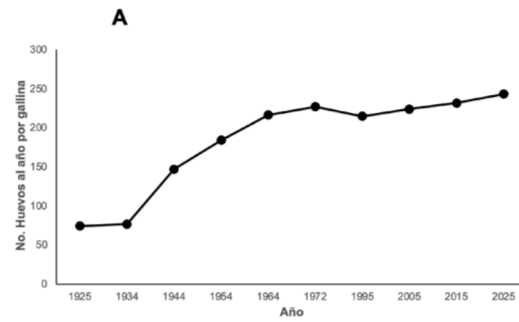


FIGURA 3. PRODUCCIÓN de huevo en Estados Unidos. A, Aumento en el número de huevos producidos anualmente por cada gallina. B, Aumento histórico en la producción de huevos. Fuente: elaboración propia, a partir de datos disponibles en *USDA Economics, Statistics and Market Information System* (<https://esmis.nal.usda.gov/publication/chickens-and-eggs?date=All>)

¿Qué factores explican este aumento? Los factores genéticos indudablemente

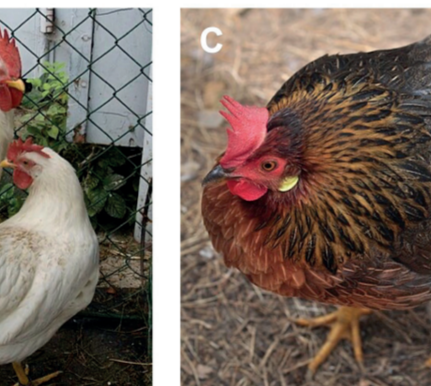
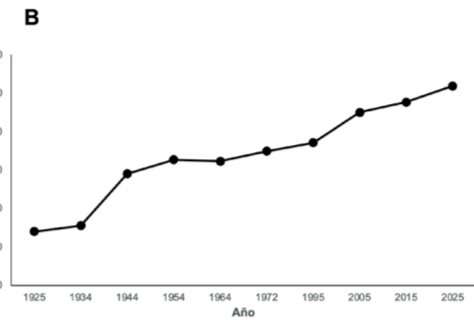


FIGURA 2. DOMESTICACIÓN de las gallinas actuales. A, la gallina roja de la jungla (*Gallus gallus*). B, gallo y gallina domesticadas (*Gallus gallus domesticus*), versión blanca de la variedad Leghorn. C, versión café de la variedad Leghorn. Fuentes, A, (https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/14/Gallus_gallus_female_-_Kaeng_Krachan.jpg/500px-Gallus_gallus_female_-_Kaeng_Krachan.jpg) B, (https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/62/Leghorn_cockerel_and_hen.jpg/500px-Leghorn_cockerel_and_hen.jpg) C, (https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/1b/Cory%27s_chickens_07_-_Brown_Leghorn_hen_%282828696030001%29.jpg/330px-Cory%27s_chickens_07_-_Brown_Leghorn_hen_%282828696030001%29.jpg)

se requiere que la gallina no esté empollando, porque en situación de empolla se suprime la ovulación. Esto hace que, sin intervención humana, la producción de huevos por gallina sea más bien magra, de entre 10 a 20 huevos por año. Por una buena parte de la historia humana, la producción de huevos se mantuvo de 40 a 50 huevos por gallina por año, producción de una mejor alimentación y el retiro periódico de huevos para suprimir el empollamiento. La situación cambia a partir del inicio del siglo XX. Como muestran los datos históricos de producción anual de hue-

do. La crianza de gallinas cambió de sistemas basados en traspasio a operaciones comerciales en grandes granjas, donde se controlaban y optimizaban diferentes factores ambientales importantes para la producción de huevo. Dentro de ellos, está el uso intensivo de alimentación nutricionalmente óptima, el control de enfermedades, la restricción del movimiento libre de las gallinas (algo que seguramente no es agradable para ellas) y el uso de iluminación artificial (que simula a los días largos del verano). La combinación de los factores genéticos y ambientales, junto con el aumento en tamaño de las granjas productoras, han llevado a un aumento en la producción de huevo en Estados Unidos, alcanzando en 2025 casi 104 000 millones de huevos al año, un aumento de 3.7



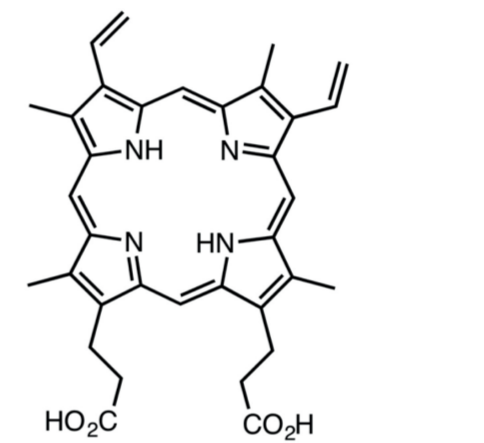
veces con respecto a lo producido en 1925 (Fig. 3 B). De este total, el 85% de los huevos se emplea para consumo humano, destinándose solo el 15% para reproducción de pollos. Los datos en Estados Unidos representan adecuadamente la experiencia en la mayoría de los países. Según la *World Egg Organisation* (<https://www.worldeggorganisation.com/es/resource/global-egg-production-continues-to-grow/>), la producción anual de huevo alcanzó en 2018 la astronómica cantidad de 1.37 billones (un billón es un millón de millones). Cinco países concentran el 61.8% de esta producción (China, 34%; Unión Europea, 8.8%; EE. UU. 8%; India, 6.9% y México, 4.2%). La producción de México en 2018 fue notable: los 57 000 millones de huevos producidos alcanzarían, aun descontando los empleados para reproducción de pollos, para que cada habitante de la república consumiera un huevo diario. Según la Unión Nacional de Avicultores (<https://una.org.mx/industria/>), México es autosuficiente en producción de huevo, ocupando el primer lugar en consumo per cápita de huevo fresco a nivel mundial.

Huevos de colores

El color de huevo más común es el blanco, seguido en abundancia por el huevo rojo (Fig. 4, izquierda). ¿Pero hay huevos de otros colores? Y no me refiero con ello a los llamados *huevos de Pascua*, que son simplemente huevos blancos pintados con colorantes vegetales. Como pueden ver (Fig. 4, derecha), hay huevos que naturalmente presentan cascarnes de diferentes colores además del blanco y el rojo, incluyendo azules, verdes y sus diferentes tonalidades. Hay una paleta na-

tural de colores en los huevos.

Comencemos por los huevos blancos. Estos son blancos porque durante su formación no se deposita ningún pigmento en su cascarón. La abundancia de este color entre los huevos producidos se debe muy probablemente al proceso de domesticación. Las gallinas domesticadas se originaron a partir de una variante que producía huevos blancos. Pero nada es completamente estable en esta vida y eso incluye al material genético, esto es el DNA. Cambios espontáneos en el DNA (llamados *mutaciones*) pueden cambiar la expresión y aún la función de los genes, llevando a la aparición de pigmentos en los cascarnes. Es el caso de los huevos rojos, donde una mutación en un gene en una variedad de gallina llevó a la aparición de un pigmento café rojizo en el cascarón. Este pigmento es la *protoporfirina IX* (Fig. 5, izquierda), la cual se produce en el oviducto de las gallinas y se incorpora al exterior del cascarón durante la formación del huevo. El color café rojizo se desarrolla por la asociación de la protoporfirina IX con metales. El color aparece en la parte exterior de cascarón, la parte interior permanece de color blanco.



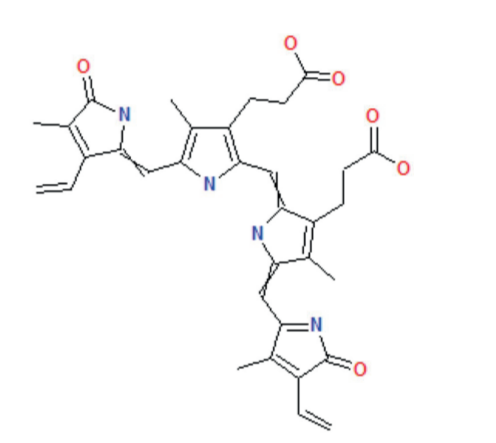
Protoporfirina IX

FIGURA 5. PIGMENTOS responsables de la producción de color en la cáscara del huevo. Fuentes: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/83/Biliverdin.png> y <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/dc/PPIXtransH.png/960px-PPIXtransH.png>

Se ha encontrado que cambios en al menos siete genes diferentes pueden provocar que aparezca un color rojo en el cascarón. Esto hace que alguna variedad de gallina produzca huevos rojos por cambio en un gene, mientras que otra variedad que produce huevos rojos lo haga por un cambio en un gene distinto. Mientras cada gallina se reproduzca con gallos de la misma variedad, se mantendrá el color rojo en el cascarón. Sin embargo, si se cruza un gallo que posee la variante que produce huevos blancos con una gallina que produzca huevos rojos, las gallinas resultan-

tes producirán huevos rojos o huevos con una tonalidad más tenue de rojo, dependiendo del gene modificado en la variedad que produce huevos rojos.

Curiosamente hay variedades de gallinas, como la variedad Araucana presente en Chile o las variedades chinas Dongxiang, Lushi y Lueyang, que producen huevos azules. En estos casos, el color azul-verdoso se debe a la incorporación en el cascarón de un pigmento diferente, la *biliverdina* la cual también se asocia con metales (Fig. 5, derecha). En estos casos, la biliverdina se incorpora tanto en el exterior como en el interior del cascarón, por lo que ambos lados se verán azules. El cambio genético que produce el color azul en el cascarón de los huevos en las gallinas Dongxiang y Lushi fue la incorporación de un virus en el genoma de estas variedades (un *retrovirus*, llamado EAV-HP) en la región de control del gene *SLCO1B3*. La variedad Araucana también posee una inserción del *retrovirus* EAV-HP en la región de control del gene *SLCO1B3*, pero en una posición diferente a la de las variedades Dongxiang y Lushi. Por último, la variedad Lueyang no tiene la inserción del *retrovirus*, pero tiene otros cambios en la región de control del gene *SLCO1B3*. Estos cambios



Biliverdina



FIGURA 4. LOS huevos de gallina pueden tener diferentes colores. Fuentes: izquierda, elaboración propia; derecha, *Silver Homestead Farm* (<https://silverhomestead.com/wp-content/uploads/2022/01/OE-Collection-Blues-Olives-3.jpg>).

la variante responsable de la producción de huevos rojos. En estos casos, se depositan en el cascarón tanto protoporfirina IX como biliverdina en diferentes cantidades.

Además de los efectos producidos por los cambios genéticos que hemos comentado, la pigmentación del huevo puede afectarse por el ambiente en que se desarrollan las gallinas. En condiciones de stress, o bajo alimentación deficiente o en gallinas enfermas, o a mayor edad de las gallinas, la tonalidad del color puede disminuir. La tonalidad del color puede aumentar si se añade al alimento de las gallinas una bacteria con efectos *probióticos*, como *Bacillus subtilis*. En gallinas que producen huevos pigmentados, la coloración puede desaparecer temporalmente si se administra el medicamento nicarbazina, un antiparasitario empleado para combatir la coccidiosis en gallinas. No es genética o ambiente, es la genética en conjunto con el ambiente.

Confío que, al igual que yo, encuentren esta información estéticamente atractiva, además de estimular su imaginación. Pero quisiera aclarar un par de aspectos más. El color del plumaje en las gallinas no guarda ninguna relación con el color de los huevos. Gallinas con plumaje blanco pueden producir huevos con color o sin él: los genes que controlan el color del plumaje son diferentes a los genes que controlan el color del huevo. El color del cascarón tampoco afecta la calidad nutricional del huevo: esta es idéntica entre huevos coloreados o sin color. Resta aún mucho por hacer. Las investigaciones relacionadas aquí es muy probable que avancen hacia la identificación de genes que se modificaron en el proceso de domesticación de estas interesantes aves. También debe de profundizarse en la identificación de los otros genes que participan en la pigmentación de los huevos. La ciencia, como la aventura intelectual que es, nos ofrece un futuro lleno de sorpresas. Pero esto ya me despertó el apetito. ¿Se les antojan unos huevos motuleños?

Para saber más

- Chen, Q., and Wang, Z. (2022). A new molecular mechanism supports that blue-greenish egg color evolved independently across chicken breeds. *Poult. Sci.* 101, 102223. doi: 10.1016/j.psj.2022.102223
- Mosley, Z. (2019). Genetics of Egg Color in Chickens. https://microbewiki.kenyon.edu/index.php/Genetics_of_Egg_Color_in_Chickens
- Silver, T. (2022). How to Breed for Egg Color (with egg pictures!). <https://silverhomestead.com/how-to-breed-for-egg-color/>
- Smil, V. 2020. Why chicken rules. *IEEE Spectrum* January 2020:18-19. <https://vaclavsmil.com/wp-content/uploads/2020/04/60.CHICKEN.pdf>
- Wang, M.-S., Thakur, M., Peng, M.-S., Jiang, Y., Frantz, L. A. F., Li, M., et al. (2020). 863 genomes reveal the origin and domestication of chicken. *Cell Res.* 30, 693-701. doi: 10.1038/s41422-020-0349-y
- Wang, Z., Qu, L., Yao, J., Yang, X., Li, G., Zhang, Y., et al. (2013). An EAV-HP Insertion in 5' Flanking Region of *SLCO1B3* Causes Blue Eggshell in the Chicken. *PLoS Genet.* 9, e1003183. doi: 10.1371/journal.pgen.1003183
- Wikipedia. Chicken. <https://en.wikipedia.org/wiki/Chicken>
- Wilson, P. B. (2017). Recent advances in avian egg science: A review. *Poult. Sci.* 96, 3747-3754. doi: 10.3382/ps/pex187

Esta columna se prepara y edita semana con semana, en conjunto con investigadores morelenses convencidos del valor del conocimiento científico para el desarrollo social y económico de Morelos.

