

# Bellos y fascinantes: los escarabajos gema

DAVID ROMERO CAMARENA

El Dr. David 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.

*Yo hubiera querido tener un corazón de escarabajo para perforar la espesura y dejar mi firma escondida en la muerte de la madera*  
Pablo Neruda (1904-1973)  
A un escarabajo

## Un paseo por los bosques

Un paseo por los bosques de montaña no solamente es bueno para nuestra condición física, también estimula nuestra curiosidad e imaginación. Si después de un día de caminata tienen el placer de pasar la noche en la montaña, al encender una luz no tardarán en ser visitados por un gran número de escarabajos. La variedad de formas y colores que podrán apreciar en ellos estoy seguro de que los fascinarán, como me pasa a mí. ¡Son tantos tipos diferentes! Y ciertamente son abundantes. Se calcula que un cuarto de las especies animales conocidas son escarabajos. Los escarabajos son fáciles de reconocer (Fig. 1). Como todos los insectos, tienen seis patas y un cuerpo dividido en cabeza, tórax y abdomen. Tienen también alas, aunque estas están ocultas por cubiertas duras y desplegadas, llamadas élitros. Es precisamente esta caracterís-

tica la que le da el nombre al orden biológico al que pertenecen, los *coleópteros*. Aunque el término pudiera extrañarlos, proviene de dos palabras griegas cuya traducción es "alas en estuche". Sí, el nombre del orden es una descripción de los escarabajos. Desde luego, una clasificación más fina (a nivel de género y especie) requiere considerar un mayor número de características que las que he mencionado (y la participación de un entomólogo entrenado). Las formas larvianas de los escarabajos se alimentan de madera en descomposición, mientras que las formas adultas tienen una alimentación más diversa, incluyendo hojas y flores, dependiendo de la especie.

Su paseo por los bosques ya les ha mostrado unos insectos bellamente coloridos, importantes para la ecología de los bosques. Pero si tienen la fortuna de pasear por los bosques de Costa Rica y Panamá, su sorpresa no tendrá límites. ¡Pensarán que el bosque les ha dado joyas! Si tienen suerte, verán pequeñas piezas de algo que parece oro o plata... pero no son esos metales preciosos. Esas piezas son escarabajos que muestran élitros, tórax y cabeza que parecen de oro o plata (Fig. 2). ¿Cómo puede ser esto? ¿Qué produce esta apariencia? Acompañéme a descubrir a los llamados esca-



rabajos gema.

## Los escarabajos gema

Los escarabajos gema, también llamados escarabajos joya tienen como característica notable los brillantes colores que presentan. Además de especies doradas o plateadas, es común encontrarlos con tonalidades verdes que recuerdan a las esmeraldas. Son coleópteros agrupados en la subfamilia Rutelinae, en el género *Chrysinina*. El nombre del género nuevamente hace énfasis en su apariencia: proviene del griego *chrysinos*, que significa "de color dorado". En bibliografía más antigua, el nombre del género era *Plusiotis*, una palabra griega que significa "adinerado". Nuevamente una referencia a estas gemas vivientes (1).

El género incluye más de 120 especies diferentes. En la Figura 3 podemos apreciar algunas de estas especies. Todas son de origen americano, con una distribución geográfica que abarca desde Arizona hasta Colombia y Ecuador. La mayor diversidad de especies se encuentra en México y Panamá, aunque aquellas doradas o plateadas son más abundantes en Costa Rica y Panamá. Son escarabajos de talla relativamente pequeña (1.5-3.5 cm) que se encuentran comúnmente en bosques de pino, pino-encino o en bosques de niebla, a elevaciones de 1000 a

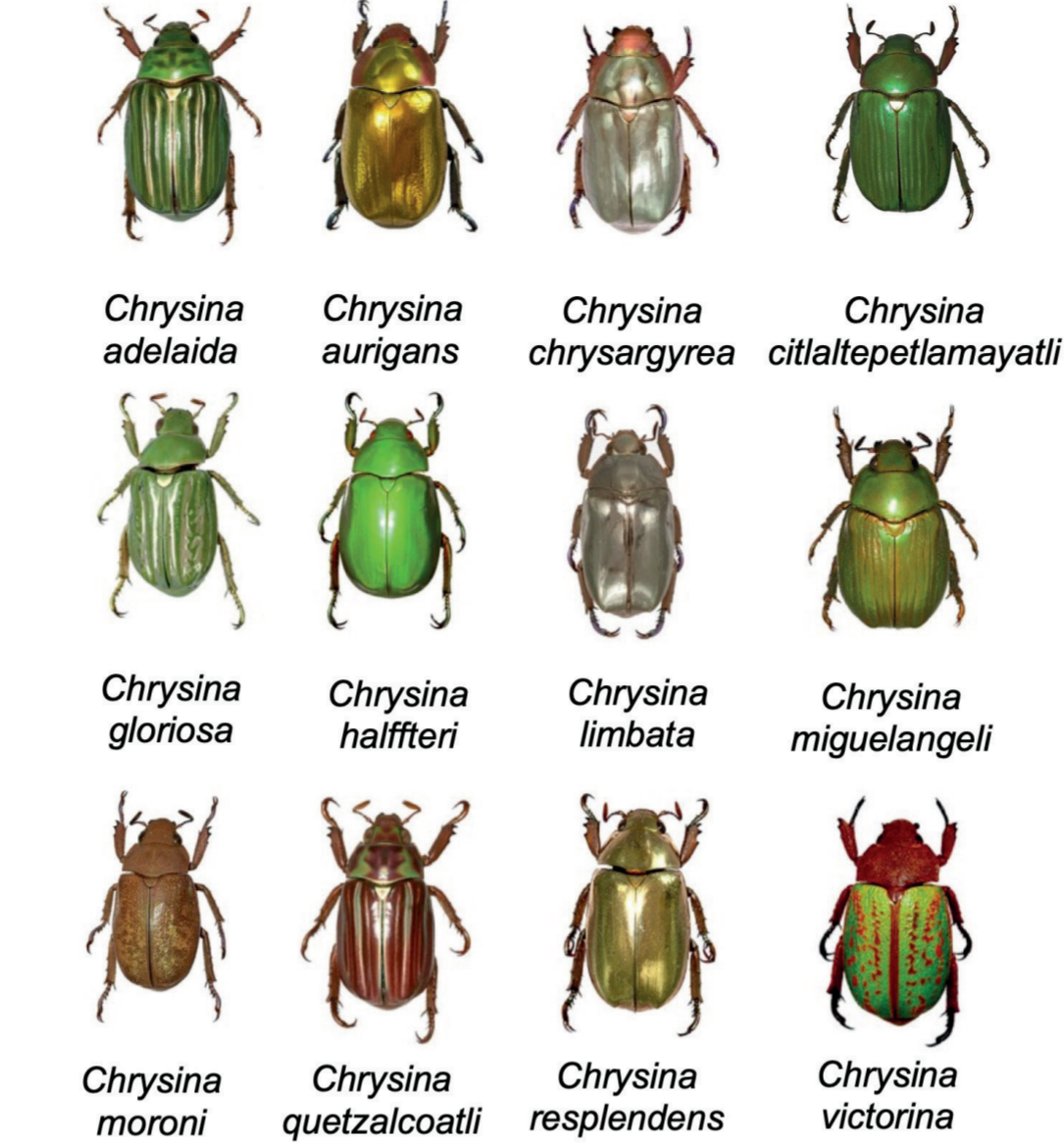


FIGURA 2. IZQUIERDA, *Chrysinina aurigans*; Derecha, *Chrysinina limbata* (imágenes tomadas de <https://mexico.inaturalist.org/taxa/851545-Chrysinina-aurigans> y [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Adult\\_scarab\\_beetle\\_-\\_Chrysinina\\_limbata.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Adult_scarab_beetle_-_Chrysinina_limbata.jpg), respectivamente)

3000 m. En México podemos encontrar muchas de las especies mostradas en la fig. 3. En particular, *C. adelaida* está presente en 13 estados de México (incluyendo Morelos), *C. citlatepetlamayatl* en el Pico de Orizaba (Veracruz), *C. gloriosa* en Chihuahua y Sonora, *C. halffteri*, *C. moroni* y *C. quetzalcoatl* en Chiapas y *C. miguelangeli* y *C. victorina* en Oaxaca. Aunque se han estudiado mucho por su papel en la ecología, sin lugar a duda la mayor curiosidad que despiertan se debe a los fabulosos colores que muestran.

## ¿Cómo se producen esos colores?

Una forma común de producir color es la acumulación o producción de pigmentos, compuestos químicos que reflejan una longitud de onda específica del espectro luminoso, absorbiendo el resto de



las longitudes de onda. Este mecanismo, conocido como *coloración funcional*, nos permite reconocer colores específicos, dependiendo de la longitud de onda reflejada. Sin embargo, en la naturaleza hay otro mecanismo llamado *coloración estructural*, que es el que explica los fascinantes colores de los escarabajos gema. La coloración estructural se da cuando la luz incide sobre superficies estructuradas microscópicamente, se refracta y produce una interferencia responsable del color que percibimos. Para comprender esto para el caso de los escarabajos, necesitamos describir algo acerca de la anatomía de las capas que los recubren. La *cutícula*, que es la superficie que recubre a los escarabajos, está compuesta en realidad por tres capas. La capa más externa, la *epicutícula*, es delgada y transparente y se compone de grasas y una proteína (*cuticulina*). Tiene como función el prevenir la desecación del insecto. La siguiente capa es la *exocutícula*, que está compuesta por un gran número de láminas superpuestas (tanto como setenta) hechas de *quitina*. La quitina es un polisacárido que se produce por la unión de subunidades de N-acetilglucosamina; el polisacárido producido puede asociarse formando láminas. La quitina es el segundo polisacárido más abundante en la naturaleza (el primero es la celulosa, componente de las plantas). Además de encontrarse la quitina en

FIGURA 3. ALGUNAS especies de escarabajos gema. Todas las imágenes se tomaron de <https://unsm-ento.unl.edu/Guide/Scarabaeoidea/Scarabaeidae/Rutelinae/Rutelinae-Tribes/Rutelini/Chrysinina-gallery/index.html>

los insectos, podemos encontrarla también en hongos y en crustáceos, como los camarones. En la exocutícula de los escarabajos, se alternan gruesas láminas de quitina con láminas más delgadas de quitina conteniendo ácido úrico. Es esta organización particular la que es responsable de la producción de colores en los escarabajos. La tercera capa de la cutícula es la *endocutícula*, compuesta de quitina muy modificada por la inclusión de polifenoles y residuos de proteína. Esta capa funciona como un exoesqueleto (2).

¿Qué es lo que pasa cuando la luz incide sobre un escarabajo gema (2)? Cuando la luz incide sobre un escarabajo, la mayoría atraviesa la epicutícula, aunque una parte se dispersa, contribuyendo a la impresión brillante del insecto. Al llegar la luz a la exocutícula, las láminas de quitina presentes en esta capa la refractan. El color que se producirá por esta refracción depende del *grosor óptico* de las láminas. El grosor óptico depende tanto del grosor físico como del *índice de refracción* del material. Por ejemplo, para que se refleje una luz verde brillante (produciendo el color verde esmeralda común en muchos escarabajos gema) el grosor óptico debe de ser de 150 nanómetros (un nanómetro, nm, es la milmillonésima parte de un metro). Como el índice de refracción de las láminas que contienen quitina y ácido úrico es mayor que el de aquellas que solo contienen quitina (3), las primeras tienen que ser físicamente más delgadas que las segundas, para mantener un grosor óptico constante que permita reflejar luz verde. Esto coincide con lo observado en la exocutícula

en escarabajos. La luz que atraviesa la exocutícula la absorbe la endocutícula (2). El color que percibimos depende de la refracción y del grosor óptico de las láminas de quitina. Si el grosor óptico de las láminas fuera mayor, percibiríamos un color más amarillo o aún rojo, mientras que un menor grosor óptico mostraría un color desplazado hacia el azul. Pero ¿qué pasa con los escarabajos que muestran un color plateado, como *C. limbata*? En estos también existe una exocutícula compuesta de láminas de quitina, pero a diferencia de los escarabajos coloridos, cuyas láminas mantienen un grosor óptico constante, en estos el grosor óptico de las láminas es descendente conforme se adentran en la exocutícula. Esto provoca que todas las longitudes de onda de la luz se reflejen de una manera direccional y coherente, por lo que se produce un efecto en espejo, similar al de la reflexión de la luz en la superficie de un lago, por lo que aparece un color plateado (2). El color dorado de *C. aurigans* se produce porque su exocutícula carece de las láminas de quitina con ácido úrico, lo que provoca que la luz azul no sea reflejada pero las otras sí, produciendo un efecto dorado. Para aprender un poco más los fundamentos de la coloración estructural en biología, recomiendo ver el video de la referencia 4.

¿Qué ventajas tiene para los escarabajos gema el poseer esta coloración? Para aquellos que presentan un color esmeralda, pudiera ser que disminuyera su visibilidad ante posibles atacantes, al asemejarse a la vegetación que los rodea. Aunque esta pudiera ser una función, resulta curioso que haya escarabajos donde otras partes del cuerpo, como las patas, presenten un color muy contrastante con respecto a la vegetación. Para los escarabajos plateados, se ha sugerido que su superficie, similar a un espejo, le permite reflejar los colores circundantes, disminuyendo su detección por posibles atacantes. Sin embargo, experimentos recientes con estos escarabajos han revelado que no hay diferencias entre los escarabajos plateados y los no plateados con respecto a la capacidad de detección por posibles atacantes (5). Si bien es posible que estos vibrantes colores confieran un cierto grado de protección contra atacantes, no parece ser la única explicación. Uno se queda con la impresión de que nos faltan elementos para comprender su función.

El elemento faltante es la comprensión del comportamiento de la luz. La luz es una onda electromagnética, que posee un campo eléctrico y otro magnético. Estos campos son perpendiculares entre sí y perpendiculares también a la dirección de propagación de la luz. En la luz solar, el campo eléctrico vibra en todos los planos perpendiculares a la dirección de propagación. Si se restringe la vibración a un único plano, decimos que la luz está *polarizada*. Esto puede lograrse por la adición de un filtro entre la fuente y el receptor, como pasa con los lentes polarizados. Aunque los humanos no percibimos diferencias mayores entre la luz polarizada y la no polarizada, sí notamos una menor intensidad y coloración en la luz polarizada. Pero, un momento... si basta un filtro para producir luz polarizada ¿no será que las láminas de quitina en la exocutícula de los escarabajos funcionan también como filtros polarizadores?

Estas consideraciones llevaron a estudios sobre la producción de luz polarizada cuando la luz incide sobre los escarabajos gema (6, 7). Hasta ahora hemos tratado a las láminas de quitina en la exocutícula como si estuvieran compuestas de fibrillas planas de quitina y las láminas se colocasen superpuestas, sin ningún desfase. Estudios recientes han mostrado que las fibrillas de quitina pueden tener un giro hacia la izquierda o hacia la derecha y las láminas se colocan desfasadas unas con respecto a otras. Esto hace que las láminas

de quitina en los escarabajos gema funcionen como filtros polarizadores, produciendo luz polarizada y aún luz *circulamente polarizada*, cuando el desfase progresivo de las láminas lleva a un giro completo (2, 6, 7). Sí, además de una coloración espectacular, los escarabajos gema producen luz polarizada. Aunque no podemos apreciarlo con nuestra limitada visión humana, podemos apreciar al menos parte de su efecto si fotografiamos diferentes especies de escarabajos gema empleando filtros que sustraen una parte de la luz polarizada (Fig. 4). El efecto es muy impresionante, claramente cambia el aspecto al eliminar una parte de la luz polarizada. Pero para que sea importante esto biológicamente, los escarabajos deberían de percibir la luz polarizada. ¿Pueden hacerlo?

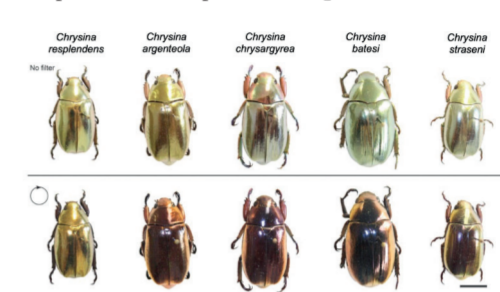


FIGURA 4. DIFERENTES especies de escarabajos gema fotografiadas, en la parte superior sin ningún filtro y en la parte inferior con un filtro que sustrae la luz polarizada circularmente hacia la derecha. Figura tomada, con modificaciones menores, de la referencia 7.

## ¿Qué ven los escarabajos?

Pues resulta ser que somos los humanos los que tenemos capacidades visuales reducidas. Nuestro sistema visual solamente ve el espectro de luz en un rango llamado visible; no somos capaces de percibir luz ultravioleta ni el infrarrojo (Fig. 5). Además, no distinguimos la luz polarizada. Los insectos, incluyendo los escarabajos gema, tienen un rango diferente de visión, que incluye el ultravioleta, el azul, el verde y el naranja, además de percibir luz polarizada. Esto hace que veamos la realidad de formas radicalmente distintas. Para tener un atisbo de estas diferencias en visión y cómo son empleadas por insectos para obtener información sobre localización geográfica, presencia de fuentes de comida e identificación de miembros de su misma especie, recomiendo los videos en las referencias 8 y 9. Esto nos permite sugerir que los brillantes colores de los escarabajos gema, así como la producción de luz polarizada les permite esconderse de atacantes, pero también el identificar a otros miembros de su especie para cooperación y reproducción (5).

Pero estos conocimientos tienen un alcance



FIGURA 5. ESPECTRO electromagnético. Se resalta en gris la región del espectro visible para los humanos. Figura original de Horst Frank, tomada de [https://es.wikipedia.org/wiki/Espectro\\_visible](https://es.wikipedia.org/wiki/Espectro_visible)

mayor que el entender la biología de estas especies. Los conocimientos acerca de coloración estructural y producción de luz polarizada están siendo empleados en el campo emergente de la *biomimética*, la producción de nuevos materiales inspirados en los principios usados en materiales naturales (10). La atracción de los escarabajos hacia fuentes de luz, importante para navegar su entorno natural, se convierte en una trampa letal ante la *contaminación lumí-*

nica producida por los pueblos y ciudades. Estos escarabajos están también amenazados por la codicia humana, que pretende tratar estas bellezas de la naturaleza como objetos de lucro. Aprendamos a conservarlas, no a explotarlas. Por último, estos conocimientos también tienen una implicación filosófica. ¿Qué es la realidad? Sabemos ahora que el mundo que percibimos con nuestros sentidos es una visión incompleta de la realidad. Otros organismos, incluyendo los escarabajos objeto de este artículo, tienen una versión complementaria de la realidad. ¿Qué es entonces la realidad? Es la suma y concordancia de las visiones de todos los involucrados. En situaciones de polarización, sea esta óptica o aún política, aprendamos a considerar diferentes puntos de vista.

## Referencias

- Wikipedia. Escarabajos joya. [https://en.wikipedia.org/wiki/Jewel\\_scarab](https://en.wikipedia.org/wiki/Jewel_scarab)
- Thomas, D. B., Seago, A., and Robacker, D. C. (2007). Reflections on golden scarabs. *Am. Entomol. Soc.* 53, 224-230. doi: 10.1093/ae/53.4.224
- Vargas, W. E., Azofeifa, D. E., and Arguedas, H. J. (2013). Refractive indices of chitin, chitosan, and uric acid with application to structural color analysis. *Opt. Pura y Apl.* 46, 55-72. doi: 10.7149/opa.46.1.55
- Fisicuciosos. Animales usando física (¿Qué es el color estructural?) <https://www.youtube.com/watch?v=JlbtPGo-Meo>
- Franklin, A. M., Rankin, K. J., Roza, L. O., Medina, I., Garcia, J. E., Ng, L., et al. (2022). Cracks in the mirror hypothesis: High specularity does not reduce detection or predation risk. *Funct. Ecol.* 36, 239-248. doi: 10.1111/1365-2435.13963
- Vargas, W. E., Libby, E., Alfaro-Córdoba, M., Hernández-Jiménez, M., Avendano, E., Solís, A. et al. (2021). Optical and morphological properties of the cuticle of *Chrysinina resplendens* scarabs: role of effective and structural pitches. *Recent Adv. Photonics Opt.* 4, 56-68 doi: 10.36959/665/323
- Bagge, L. E., Kenton, A. C., Lyons, B. A., Wehling, M. F., and Goldstein, D. H. (2020). Mueller matrix characterizations of circularly polarized reflections from golden scarab beetles. *Appl. Opt.* 59, F85. doi: 10.1364/ao.398832
- Entomology Animated. Insect Vision Part 4: What Do Insects See? <https://www.youtube.com/watch?v=2Hs3vA-ZYsA8>
- Christer Everly. Insects and light polarization. <https://www.youtube.com/watch?v=QYyaUQN5O9k>
- Hernández Montes, Georgina. Biomimética: la ciencia de imitar a la

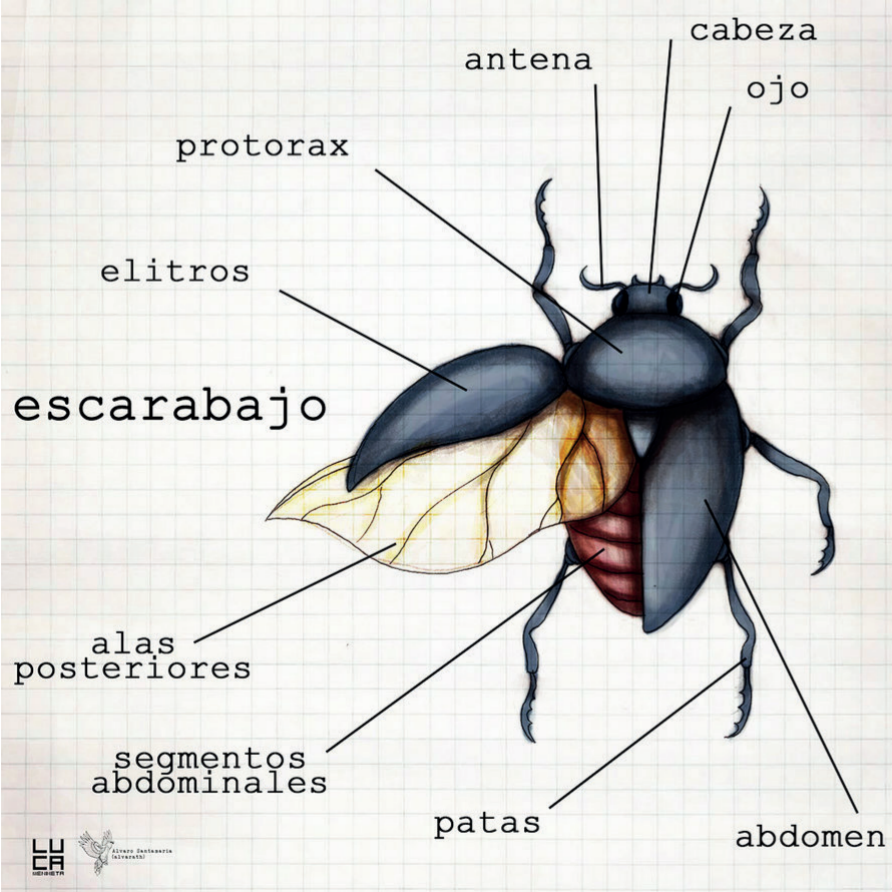


FIGURA 1. ESTRUCTURA básica de un escarabajo. Imagen tomada de <https://dibujando.net/nodo/275950>

ESTA PUBLICACIÓN FUE REVISADA POR EL COMITÉ EDITORIAL DE LA ACADEMIA DE CIENCIAS DE MORELOS

Para actividades recientes de la academia y artículos anteriores puede consultar: [www.acmor.org](http://www.acmor.org)  
¿Comentarios y sugerencias?, ¿Preguntas sobre temas científicos? CONTACTANOS: [coord.comite.editorial.acmor@gmail.com](mailto:coord.comite.editorial.acmor@gmail.com)

