

Modelos adaptativos en Zoología (Manual de prácticas)

4. Color

Juan Pérez Zaballos. Ana García Moreno.

Departamento de Zoología y Antropología Física. Facultad de Ciencias Biológicas.
Universidad Complutense de Madrid. c/ José Antonio Novais, 2. 28040 Madrid.
zaballos@bio.ucm.es agmoreno@bio.ucm.es

Resumen: Se explican las bases del color estructural y por pigmentos en los animales, y algunas de las técnicas utilizadas por ellos: aposematismo, mimetismo y camuflaje. Se ilustran con diversos ejemplos, la mayoría extraídos del mundo de los insectos.

Palabras clave: Color. Aposematismo. Mimetismo. Camuflaje.

COLOR

Los colores en los animales pueden ser muy vistosos cuando sirven como señales de aviso o marcas de reconocimiento, o pueden ser muy poco atractivos o crípticos, cuando sirven de camuflaje. El color facilita las relaciones intraespecíficas (sexuales p.e.) o elude las interespecíficas indeseables (avisos a depredadores). El patrón de coloración de una especie es más o menos constante, en algunos casos existen cambios en la coloración con variaciones estacionales o diferencias entre las coloraciones de los jóvenes y adultos (p. e. culebra de collar *Natrix natrix* (Linnaeus, 1758) o la culebra de escalera *Elaphe scalaris* (Schinz, 1822), en otros casos existen dos o más patrones de coloración en una misma especie, que pueden coincidir o no con diferentes subespecies: variedades listada y manchada de *Salamandra salamandra* (Linnaeus, 1758).

El color del tegumento es el resultado de las complejas interacciones entre las propiedades físicas, químicas y estructurales de sus partes. En la mayoría de los casos se debe a pigmentos, pero determinados colores se deben a procesos físicos y estructurales.

Color estructural

Determinados colores se deben a la estructura física de los tejidos superficiales, que reflejan la luz de determinadas longitudes de onda, eliminando el resto. Los colores que se producen de esta forma se denominan **colores estructurales**, y son los responsables de los tonos iridiscentes o metálicos del mundo animal (mariposas, escarabajos, peces del coral y algunas aves). Así, por ejemplo, el color azul de las plumas de las aves se debe a fenómenos de difracción de la luz de onda corta debido a una serie de espacios que hay entre las barbas de la pluma, el color iridiscente está basado en fenómenos de

interferencia de fases al cambiar las longitudes de onda que refuerzan, debilitan o anulan las ondas lumínicas; de esta forma, cambian de tono cuando se varía el ángulo desde el que se observa, ya que la luz es reflejada por varias capas finas y transparentes superpuestas, el resultado son los colores más puros y brillantes que se conocen, como ocurre, por ejemplo, en muchos coleópteros y mariposas (insectos) o en aves como los colibríes o el quetzal.

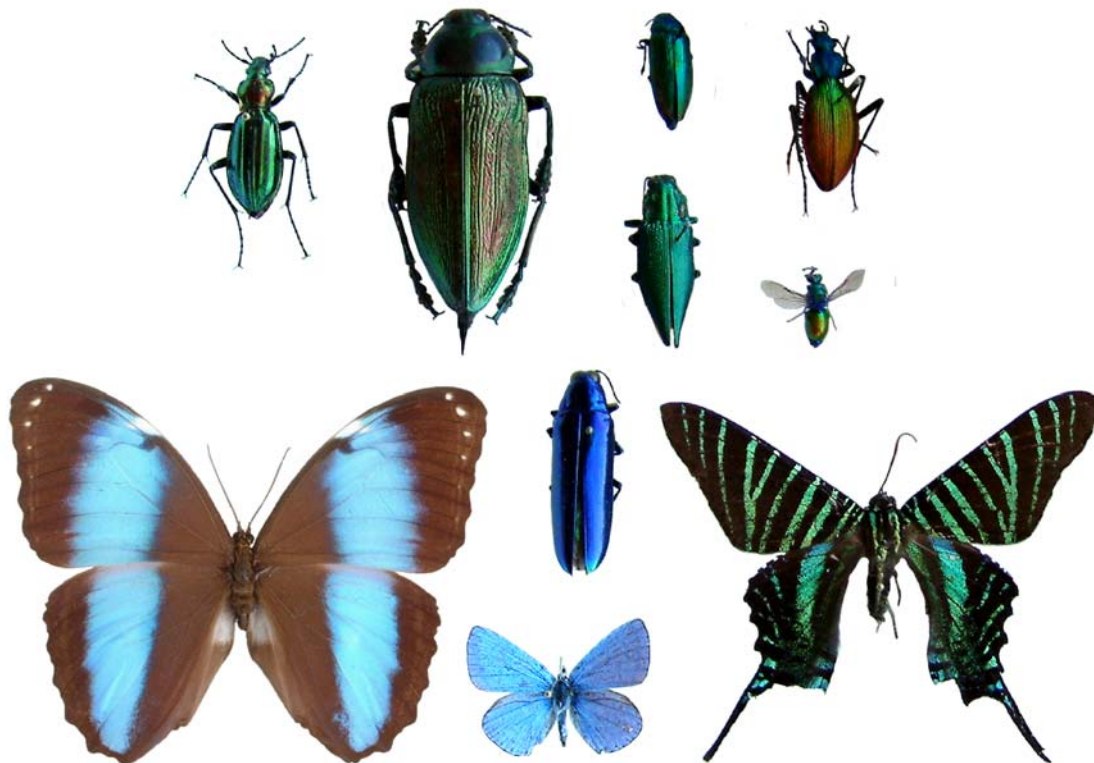


Figura 1. Cambiando la orientación de la luz se puede observar cómo funciona el color estructural: plumas de urraca (*Pica pica* Linnaeus, 1758), detalle de pluma de pavo real (*Pavo cristatus* Linnaeus, 1758) y varios insectos (coleópteros, himenópteros y lepidópteros).

Pigmentos

Más comunes que los colores estructurales son los debidos a **pigmentos (biocromos)**, un grupo muy variado de moléculas que reflejan los rayos lumínicos. Estos pigmentos están contenidos en unas células grandes llamadas **cromatóforos**.

Los pigmentos animales más frecuentes son las **melaninas**, un grupo de polímeros de color negro o marrón, que son responsables de las coloraciones terrosas que poseen la mayoría de los animales. Los cromatóforos que las llevan son los **melanóforos**, y los gránulos de pigmento que llevan en su interior se denominan **melanosomas**.

Un uso alternativo de la melanina lo encontramos en los cefalópodos, ya que salvo en *Nautilus*, todos poseen una gran **bolsa de la tinta**, que desemboca en el recto. Esta glándula produce un líquido marrón o negro, con una elevada concentración de melanina, que se almacena en un reservorio. Cuando el cefalópodo se ve en peligro, expulsa la tinta a través del ano, formando una "cortina de humo" o "doble" que confunde al enemigo. La efectividad de la huída se ve amplificada por la naturaleza alcaloide de la tinta, disminuyendo o bloqueando la acción de los órganos sensoriales quimiorreceptores de sus depredadores (peces principalmente).

Los colores amarillos y rojos, normalmente, se deben a pigmentos carotenoides que, con frecuencia, se encuentran en el interior de unas células pigmentarias especiales denominadas **xantóforos**. La mayor parte de los vertebrados y artrópodos son incapaces de sintetizar sus propios pigmentos carotenoides y deben obtenerlos, directa o indirectamente, de las plantas. Los colores amarillentos de los moluscos y de los artrópodos, se deben, normalmente, a dos tipos de pigmentos diferentes los **ommocromos** y las **pteridinas**. Los colores verdes son raros y, cuando aparecen, por lo general se deben a un pigmento amarillo y a una coloración estructural azul superpuestos. Un tercer tipo de cromatóforos son los **iridóforos**, que contienen cristales de guanina o de alguna otra purina en lugar de tener un pigmento. Producen un efecto plateado o metálico al reflejar los rayos luminosos. Un último tipo son los **eritróforos**, llamados así por sus pigmentos rojos.

El color de los artrópodos se debe, por lo general, a pigmentos melánicos marrones, amarillos, naranjas y rojos que se depositan en la cutícula. No obstante, los verdes iridiscentes, púrpuras y otros colores resultan de las finas estriaciones de la epicutícula, por refracción de la luz. Cuando no procede de la cutícula, el color es producido por cromatóforos subcuticulares (en crustáceos) o por pigmentos sanguíneos y tisulares, que son visibles a través de la cutícula fina y transparente.

Los colores apagados de los mamíferos son producidos mayoritariamente por la melanina, que es depositada en el pelo en crecimiento por melanóforos dérmicos.

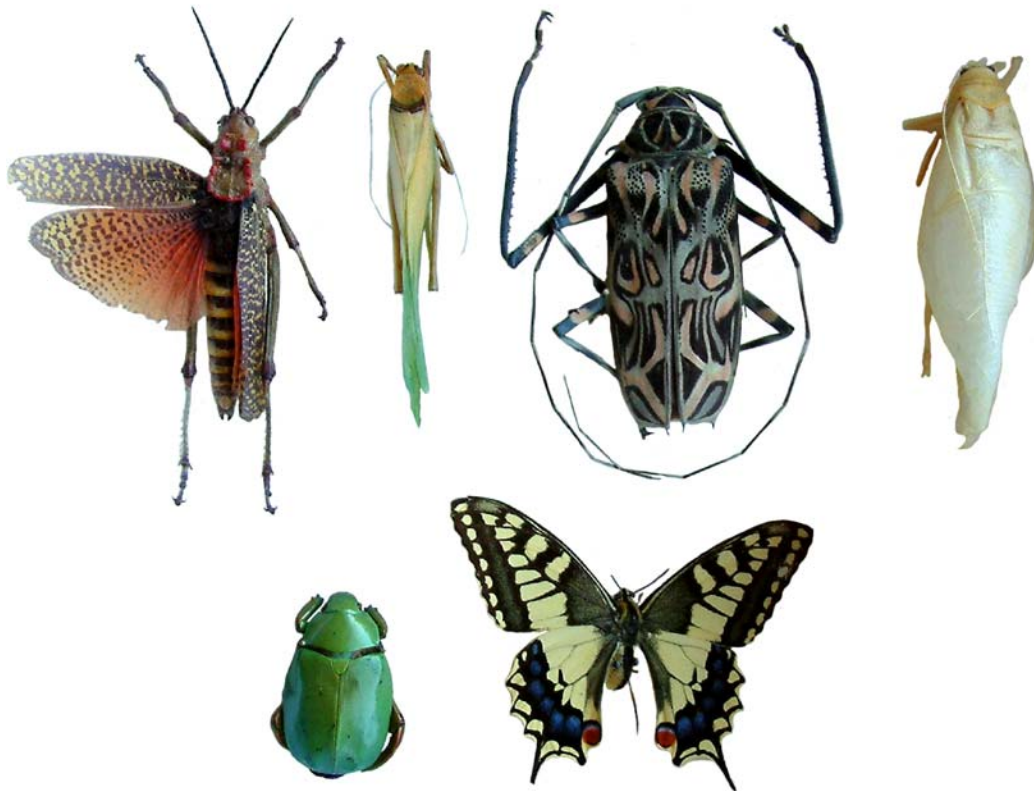


Figura 2. Los pigmentos son responsables de las coloraciones de los insectos.

Aposematismo

La defensa pasiva basada en la combinación de colores muy vivos, se conoce como defensa aposemática. Algunos animales, potencialmente peligrosos, utilizan colores aposemáticos. La defensa pasiva consiste en mecanismos protectores que no necesitan activarse, sino que forman parte de la anatomía del animal. Esta coloración de advertencia la podemos encontrar en insectos, reptiles, anfibios, peces, aves y mamíferos. Las coloraciones de aviso son usadas para recordar a los posibles depredadores de un peligro potencial o de un sabor desagradable.



Figura 3. Colores aposemáticos en salamandra y en una ranita flecha tropical.

La combinación de colores que genera una **coloración aposemática** no siempre es la misma (figs. 3 y 4). El sistema más extendido de coloración de aviso es combinar coloraciones llamativas, como el amarillo y el negro (avispa y abeja, con aguijón venenoso p.e.), el rojo y el negro (aceiteras –coleópteros Meloidae-, con glándulas repugnatorias, p.e.), naranja y negro (ave pitihui capirotado, plumas venenosas p.e.), rojo, amarillo y negro (serpiente de coral, venenosa; lepidópteros: orugas y adultos; anfibios, como las ranas flecha y nuestra salamandra, p.e.), o blanco y negro (mofeta, púas de puerco-espín, p.e.). Una forma de defensa pasiva con tan buenos resultados, no podía pasar desapercibida para otras especies. Algunas son capaces de imitarlas adquiriendo estas combinaciones de color por selección genética natural para engañar a sus depredadores.

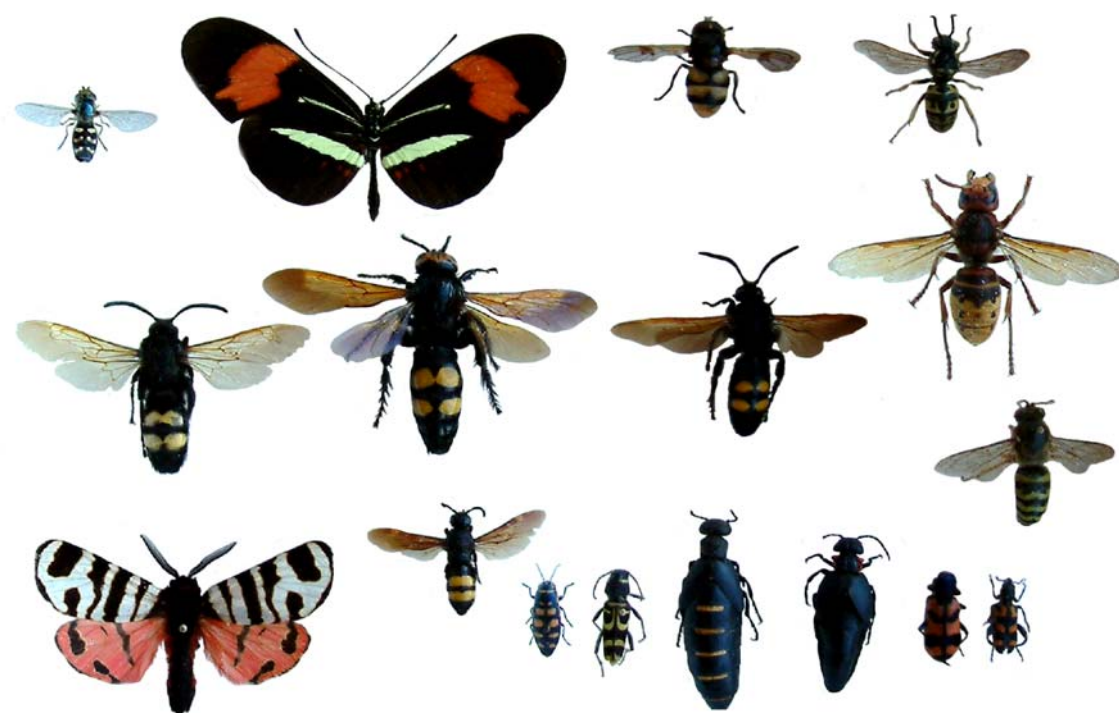


Figura 4. Diferentes combinaciones aposemáticas en insectos.

Mimetismo

Mimetismo es la semejanza física o de comportamiento que adopta una especie que imita a otra y que beneficia a la primera o a ambas especies. Los animales o plantas más imitados son, por lo general, especies abundantes, cuyas características nocivas dejan una impresión duradera en los depredadores. En vez de evitar ser localizados por los depredadores por medio del camuflaje, las especies que se mimetizan exhiben las mismas señales o conductas llamativas de advertencia que tienen las especies peligrosas a las cuales imitan.

A veces es muy difícil separar los conceptos de camuflaje animal y mimetismo. El mimetismo tiene un componente comportamental del que carece el camuflaje: mientras

que el mimetismo se aprovecha de señales de comunicación y respuestas entre organismos adoptadas en el curso de la evolución (por ejemplo, ante un depredador con coloración de advertencia de la presa potencial), la evolución del camuflaje no suele presentar esta característica. Existen varios tipos de mimetismo descritos, los más conocidos son:

- **Mimetismo Batesiano.** Descubierta por H. W. Bates (naturalista británico) para una o varias especies inocuas que imitan a una especie venenosa (es bien conocida la imitación de los Syrphidae, moscas inofensivas, de las avispas) (Fig. 5).



Figura 5. Mimetismo Batesiano: las inofensivas moscas helicóptero (Diptera Syrphidae) (fila superior) imitan los colores de las peligrosas avispas (Hymenoptera Vespidae) (fila inferior).

- **Mimetismo Mertensiano.** Es una variante de mimetismo batesiano, descrito por Wolfgang Wickler, llamado mertensiano en honor a R. Mertens (herpetólogo alemán), para el mimetismo de algunas serpientes de coral (no se conocen casos en insectos), cuando es la especie venenosa la que imita a la especie inocua.
- **Mimetismo de Müller.** Dos o más especies venenosas se imitan, es decir, comparten diseño para repartirse las bajas. Se encuentra sobre todo en ciertas especies de insectos (las mariposas sudamericanas de la flor de la pasión *Heliconius*) (Fig. 6), pero también platelmintos y opistobranquios, o ranas venenosas sudamericanas (*Dendrobates imitator* Schulte 1986, que imita hasta tres especies diferentes de *Dendrobates*).



Figura 6. Mimetismo Müllleriano: las diferentes especies de mariposas sudamericanas de la flor de la pasión (Género *Heliconius*) comparten diseño para repartirse las bajas.

Camuflaje

Camuflaje es la adopción por parte de un organismo de un aspecto parecido al medio que le rodea, con el fin de pasar desapercibido para los posibles depredadores o presas. El **camuflaje** o **cripsis** engloba, por lo general, adaptaciones del tamaño, la forma, el color, los dibujos del cuerpo y el comportamiento asociado, por lo que casi todos los camuflajes pueden ser considerados, estrictamente, como tipos de mimetismo. Su acción suele ser monoespecífica: una especie animal imita los colores o las formas de su entorno (plantas, ramas, hojas, tierra, etc) (Figs. 7 y 8).



Figura 7. Los insectos hoja y los insectos palo (Orden Phasmidoptera) imitando hojas y ramas.



Figura 8. La coloración terrosa de los saltamontes (Insectos del Orden Saltatoria) les camuflan en el suelo (en la imagen un ejemplar con las alas desplegadas y tres ejemplares en reposo).

Técnicas como el **contrasombreado** (coloración más clara de la cara inferior del cuerpo para eliminar su propia sombra: peces bentónicos, animales de desiertos, etc) o **coloraciones disruptivas** o **somatolisis** (altera un perfil nítido: se logra mediante la coloración en forma de bandas o manchas mucho más claras u oscuras que el resto del cuerpo: cebras, tigres, leopardos, etc).

Es muy frecuente en mariposas que despliegan vistosos colores dorsales con las alas abiertas y con un perfecto camuflaje con las alas cerradas (ventral) (Fig. 9). En algunas especies aladas, como ocurre en determinadas mariposas, el oscurecimiento de los bordes disminuye el volumen del animal y le hace menos conspicuo y apetecible a los depredadores (Fig. 10).

Algunas especies de animales tienen en la piel sacos pigmentarios controlados por hormonas que les permiten cambiar rápidamente de color como respuesta a cambios del fondo (camaleón, peces planos, sepias, p. ej.).

Ciertos cangrejos y crustáceos marinos mordisquean trozos de algas próximas y se los pegan al caparazón.



Figura 9. Los vistosos colores de las alas extendidas de algunas mariposas desaparecen cuando se pliegan y muestran la cara inferior de las mismas.

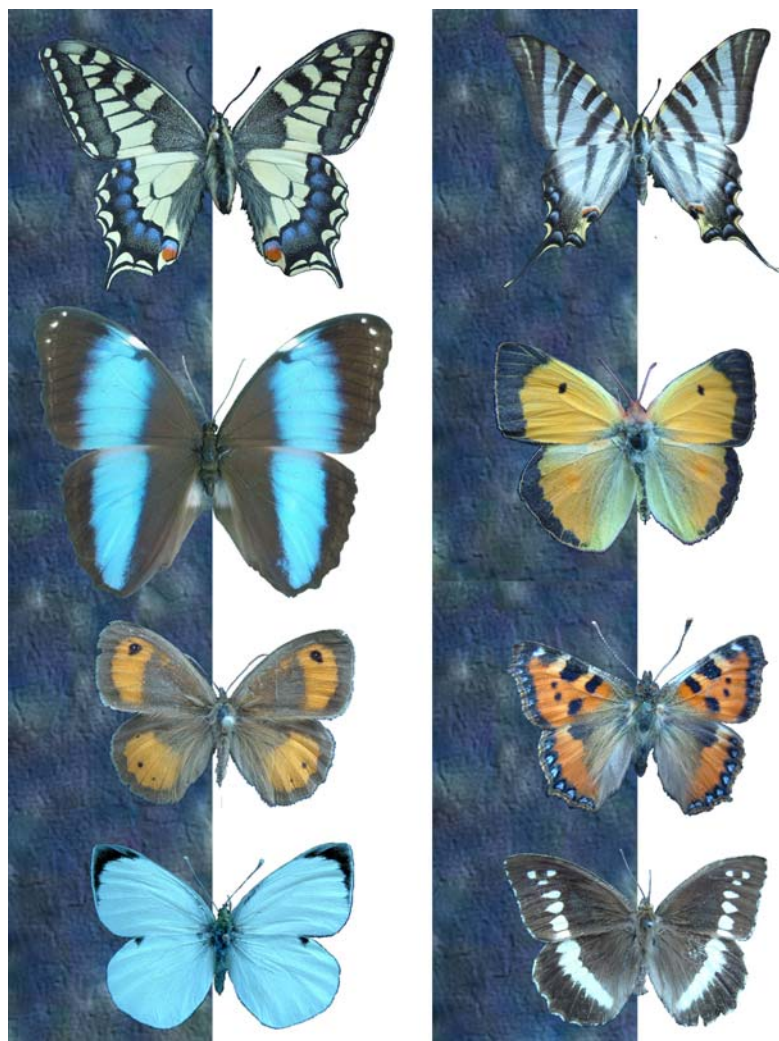


Figura 10. Sobre fondo oscuro los bordes oscuros de las mariposas las hacen menos apetecibles ante sus depredadores al parecer más pequeñas.

BIBLIOGRAFÍA DE CONSULTA

Greenfield, M.D. 2002. *Signalers and Receivers. Mechanisms and Evolution of Artropod Communication*. Oxford University Press. Oxford.

Hickman, C.; Roberts, L.; Keen, S.; L'Anson, H. y Larson, A. 2009. *Principios integrales en Zoología*. Decimocuarta edición. Mcgraw-Hill Interamericana. Madrid.

Wickler, W. 1968. *El mimetismo en las plantas y en los animales*. Ediciones Guadarrama S.A. Madrid.

RECURSOS ELECTRÓNICOS

Zoología. Interpretación de los modelos arquitectónicos. U.C.M.

<http://www.ucm.es/info/tropico/>

http://lepo.it.da.ut.ee/~timo_m/mimikri_en.html

<http://www.ucl.ac.uk/taxome/jim/Mim/mimicry.html>

<http://www.pmmv.com.es/sites/default/files/Perez%20Gonzalez%20et%20al%202009.pdf>

Recibido: 1 febrero 2009.

Aceptado: 18 marzo 2009.