



Flores, colores y genes

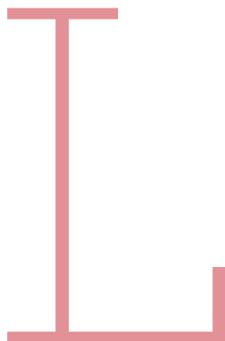
Sarita Muñoz Gómez.

Bióloga, estudiante de posgrado en el Yuan Lab, Universidad de Connecticut.

Natalia Pabón Mora.

Bióloga, doctora en Biología. Profesora del Instituto de Biología de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Antioquia. Integrantes del Grupo Evo-Devo en Plantas.

Las flores y sus colores han fascinado e inspirado a la humanidad desde siempre, pero se cree que su función es mucho más antigua y trascendental: atraer a animales polinizadores, especialmente insectos. En el Grupo Evo-Devo en Plantas se estudia la base genética de los colores de *Aristolochia*, un género de plantas con flores muy singulares.



os fascinantes colores de las plantas, y en particular de sus flores, producen un inmenso placer estético que conmueve a naturalistas, artistas, jardineros y transeúntes por igual. Para la biología, el origen de estos colores genera preguntas de gran interés: ¿cómo han desarrollado las plantas tan extraordinaria paleta de colores? ¿Por qué razón la más amplia gama de tonalidades está principalmente asociada a flores y frutos y no a otras partes de la planta?

Alfred Russel Wallace, notable biólogo inglés, en 1879, anotaba que «la existencia misma de la mayoría de los colores del mundo orgánico se debe a la influencia del color y la luz en los sentidos de los animales». Los colores promueven las visitas de los animales, quienes dependen del banquete natural que las plantas ofrecen. Así, algunos órganos de las flores atraen a los polinizadores, quienes en busca de alimento llevan polen de una flor a otra ayudando a la reproducción de las plantas con flor. A su vez, los frutos atraen aves y mamíferos, quienes también, mientras se alimentan, dispersan las semillas y extienden el territorio de las poblaciones originales de las plantas.

Los colores promueven las visitas de los animales, quienes dependen del banquete natural que las plantas ofrecen.

Una flor típica se compone de cuatro verticilos, de afuera hacia adentro se forman sépalos, pétalos, estambres y carpelos. Los sépalos son generalmente verdes y suelen proteger a la flor antes de abrir. Los pétalos son casi siempre llamativos y atraen a los polinizadores a través del aroma, la forma o el color. Los estambres producen los granos de polen que cargan a las células sexuales masculinas. En el centro de las flores están los carpelos, que son siempre verdes al inicio de su desarrollo y cargan los óvulos, donde se encuentran las células sexuales femeninas. Si los gametos masculinos de los granos de polen ingresan a los óvulos y la fertilización ocurre de manera exitosa, un nuevo embrión empieza a crecer. Los óvulos se transforman en semillas y los carpelos se convierten en frutos, que, en muchos casos, son coloridos también.

En las flores, el color es dado por la acumulación de moléculas conocidas como flavonoides, carotenoides y betalainas, como veremos de nuevo más adelante.

***Aristolochia*, un spa para las moscas**

Existen algunas plantas con flor que poseen únicamente sépalos, y estos pueden tener apariencia de pétalos. Este caso particular ocurre en las flores de los patitos o guacos, del género *Aristolochia*, de la familia Aristolochiaceae. Esta familia de plantas con flor es antigua, lo que quiere decir que se diversificó hace mucho tiempo en comparación con otras plantas, e incluye más de 450 especies, de las cuales hay unas 29 en Colombia. Sus sépalos petaloideos suelen tener colores como

el amarillo, púrpura o rojo, la mayoría de las veces en patrones de líneas, puntos y manchas. Se cree que los colores, sumados al olor fétido de sus flores, atraen a las moscas para la polinización.

Las flores son muy elaboradas, casi siempre en forma de jarra, pues sus sépalos se fusionan totalmente. Estas flores poseen tres partes princi-

Polinización de la flor de *Aristolochia fimbriata*

1. Las moscas se ven atraídas por los olores fétidos producidos por las flores y por sus colores.

2. Una vez las moscas llegan al limbo, empiezan a descender por el tubo hasta el utrículo. Los tricomas del tubo permiten un descenso fácil debido a que se direccionan hacia abajo.

3. Una vez en el utrículo, las moscas depositan el polen que traen de otras flores en el ginostemo.

4. El ginostemo pasa a una fase masculina donde el polen queda expuesto y las moscas se ven cubiertas por él.

5. Finalmente, las moscas son liberadas y cargan el polen hasta una nueva flor.

**Corte longitudinal de una flor A. fimbriata.*

**No es posible salir debido a la posición de los tricomas del tubo.*

Las flores de *A. fimbriata* suelen medir alrededor de 2.5 cm de largo.

Taxonomía

- Orden: Piperales
- Familia: Aristolochiaceae
- Genero: *Aristolochia*

Aceramineto de la cobertura interna del tubo de una flor de Aristolochia fimbriata.

Los pequeños pelos o tricomas cubren el tubo y permiten el paso de las moscas y su posterior retención en el utrículo uno o dos días.

pales: limbo, tubo y utrículo. El *limbo* es la porción más expuesta y extendida, donde aterrizan las moscas en primer lugar. La porción tubular es el *tubo*, que es transversal o descendente. Las moscas entran a la flor, pero no pueden salir, ya que los tricomas (pelos que cubren el interior del tubo) solo las dejan transitar en una dirección, hacia el interior de la flor, una bolsa inflada hacia la base que es el *utrículo*. Allí las moscas se distraen con rayos de luz, pelos, colores, olores, polen y nectarios durante uno o dos días de encierro. Una vez la flor es polinizada, los sépalos se marchitan y las moscas son liberadas para ingresar a otras flores.

Lo más interesante es que, en diferentes especies de *Aristolochia*, estas regiones de la flor poseen distintos colores y también pueden cambiar de color durante el desarrollo en una misma especie. Los colores en particular se producen

por la acumulación de antocianinas, moléculas derivadas de los flavonoides. Estas moléculas no solo están en las flores, sino que existen también en las hojas, donde brindan protección a los rayos UV, y en los frutos, donde generan sabores que atraen animales para dispersar las semillas.

La genética de los colores

En el laboratorio del Grupo Evo-Devo en Plantas, del Instituto de Biología de la Universidad de Antioquia, estamos interesados en entender las causas de la presencia y distribución de color en estos sépalos con características petaloides. Como

Infografía: Sarita Muñoz Gómez, Natalia Pabón Mora / Carolina Gomes.

Los pigmentos son compuestos por metabolitos -moléculas que resultan de los procesos metabólicos de las células como generación de energía o elaboración de sustancias-, cuya producción está a su vez controlada por genes.



Infografía: Sarita Muñoz Gómez, Natalia Pabón Mora / Carolina Gomes.

en muchos otros procesos biológicos, los pigmentos son compuestos por metabolitos —moléculas que resultan de los procesos metabólicos de las células como generación de energía o elaboración de sustancias—, cuya producción está a su vez controlada por genes. Varios de estos genes que controlan la producción de pigmentos han sido identificados en otras especies de plantas, en particular en *Arabidopsis thaliana*, que, aunque posee sépalos verdes y pétalos blancos, produce muchos flavonoides.

Es por esto que, para una correcta comprensión de la forma como se producen y distribuyen

thaliana, planta en la que se han identificado cuatro genes relacionados con la producción de antocianinas, encontramos que las especies de *Aristolochia* solo poseen un gen que regula este proceso.

Para evaluar en que partes de la flor estaba presente este gen decidimos estudiar dos especies de *Aristolochia*: *A. fimbriata* y *A. manshuriensis*. En ambas especies pudimos ver que el gen siempre se encontraba activo en partes moradas, mientras permanecía inactivo —es decir, no generaba instrucciones para procesos— en partes amarillas de la flor en ambas especies. Estos genes están además presentes en

Nuestros resultados permiten proponer a los genes R2R3-MYB como los controladores más importantes de la producción de pigmentos como las antocianinas en las flores de las *Aristolochias*.

las hojas y en partes verdes de las flores juveniles. Nuestros resultados permiten proponer a los genes R2R3-MYB como los controladores más importantes de la producción de pigmentos como las antocianinas en las flores de las *Aristolochias*.

Nuestros estudios sobre el color en estas especies de evolución temprana nos permiten acercarnos a los mecanismos que dieron origen a procesos de producción de antocianinas más complejos en otras especies de evolución más tardía. La paleta de colores de flores y frutos es infinita en las especies de plantas del trópico y nuestro grupo de investigación seguirá indagando cuáles son los mecanismos genéticos que regulan tal diversidad. **X**

Glosario

Factores de transcripción: proteína que controla la transcripción de un gen específico, por ende, su

presencia o ausencia en un órgano o parte de la planta.

Flavonoides: compuestos fenólicos altamente distribuidos en plantas. Se relacionan principalmente con la producción de pigmentos para la atracción de animales. Se pueden encontrar en flores, frutos, hojas y otros órganos de las plantas.

Polinizadores: generalmente animales que son atraídos por olores y colores hacia las flores, donde entran en contacto con el polen y lo cargan hasta otra flor, permitiendo la fertilización.

Verticilos: arreglo de órganos que parten de un mismo punto y rodean un eje. En las flores se reconocen cuatro verticilos: sépalos, pétalos, estambres y carpelos.



Corte transversal de la flor de *A. fimbriata* en las diferentes etapas del desarrollo y polinización. Foto: Gonzalez, Favio & Pabon-Mora, Natalia. (2015). Trickery flowers: The extraordinary chemical mimicry of *Aristolochia* to accomplish deception to its pollinators. *The New phytologist*. 206. 10-3. 10.1111/nph.13328.