

Ecología reproductiva de la orquídea *Oncidium adelaidae*, un endemismo colombiano con heterantia

Santiago Nicolas Vallejo Patiño*, Ángel Vale Gonzáles y Danny Rojas ¹

1. Depto. de Ciencias Naturales y Matemáticas, Pontificia Universidad Javeriana, Cali, Colombia.

*E-mail: nicolasvallejo@javerianacali.edu.co

Resumen

En la polinización por animales, los polinizadores son atraídos por señales visuales y químicas de las plantas y, en la mayoría de los casos, reciben una recompensa floral. En la mayoría de las angiospermas, las flores son uniformes, lo que le permite al animal identificarlas y recordarlas en asociación con los recursos de recompensa. Sin embargo, algunas especies de orquídeas del género *Oncidium* tienen heterantia: presentan dos tipos de flores en la misma inflorescencia. Se desconocen cuáles son las implicaciones reproductivas de este dimorfismo floral y cuál es su función en los potenciales sistemas miméticos en los que participan estas especies. En este trabajo se compararon los atributos físicos de las flores fértiles (más distales) y estériles (más proximales) de *Oncidium adelaidae*, un endemismo colombiano con mayor presencia en ecosistemas montanos. Las flores fértiles, con la arquitectura típica del género, son conspicuas según el modelo de visión de las abejas y presentan estructuras especializadas que producen aceites como recompensa floral y facilitan su recolecta por abejas del género *Epicharis* (confirmado como su polinizador). En cambio, las flores estériles, aunque tienen un aroma similar al de las fértiles, son pequeñas, carecen de segmentos bien diferenciados, no producen recompensas florales sustanciales y son poco atractivas para las abejas. La orquídea no puede autopolinizarse y es autoincompatible. Además, la tasa de visitas a sus flores es muy baja, en especial en poblaciones de bosque nublado. Esta orquídea comparte atributos florales, fenología, distribución espacial, rango altitudinal y polinizador con la liana *Stigmaphyllon echitoides*. Ambas plantas pudieran conformar sistemas miméticos (batesianos o müllerianos) junto a otras oncidíneas con flores tipo *Oncidium*. Una comprensión más completa de las implicaciones ecológicas y evolutivas de la heterantia en orquídeas requiere de estudios exhaustivos sobre las recompensas químicas y el papel de cada componente en los sistemas miméticos.

Introducción

La polinización desempeña un papel esencial en las angiospermas, permitiendo la reproducción, aumentando la diversidad genética y contribuyendo a la biodiversidad. La evolución de las interacciones planta-polinizador ha dado lugar a una variada gama de atributos florales que garantizan una polinización eficiente [1]. El color de las flores y los mecanismos de visión de los polinizadores, como colibríes, dípteros y abejas, muestran una evolución paralela. La relación entre atributos florales y la atracción de polinizadores establece canales de señalización, como forma, tamaño, textura, color y aroma. Estas señales pueden ser honestas o deshonestas, comunicando

información precisa o engañando a los polinizadores. La ausencia de recompensas florales en algunas plantas se explica por mecanismos que reducen el costo energético de atraer polinizadores. La polinización por engaño puede fomentar la polinización cruzada y conectar plantas más distantes genéticamente. La variabilidad en la presencia de recompensas puede deberse a factores como la baja densidad poblacional o estrategias evolutivas [2]. Los sistemas miméticos, como orquídeas y malpigiáceas, revelan estrategias donde las primeras imitan la morfología de las segundas para confundir a los polinizadores y lograr polinización sin ofrecer recompensa [3]. Además, existe el fenómeno de la heterantia, el cual comprende la presencia de más de un morfo floral en una planta, se observa en varios linajes, como la Sección Heterantha de *Oncidium*, lo que puede indicar una estrategia adaptativa con valor evolutivo. Sin embargo, es poco lo que se conoce acerca de la heterantia y sus implicaciones en el éxito reproductivo de estas especies. Si bien existen estudios acerca de este fenómeno, solo se enfocan en la taxonomía del grupo, por lo cual es esencial profundizar en las implicaciones reproductivas de la heterantia en estas orquídeas y si esta condición influye en un potencial sistema mimético.

en este trabajo se explora cuál es el rol de las flores estériles en *Oncidium adelaidae* y cómo influye la heterantia de esta especie en el funcionamiento del potencial sistema mimético entre orquídeas y malpigiáceas productoras de aceites florales. Para responder estas preguntas, esta investigación tiene los siguientes objetivos: (1) caracterizar la ecología reproductiva de *Oncidium adelaidae* y (2) examinar las posibles relaciones miméticas entre esta orquídea y las malpigiáceas locales.

Materiales y métodos

Localidades de estudio

Se visitaron cuatro localidades en el departamento Valle del Cauca que abarcan el rango altitudinal histórico de *O. adelaidae*: Bosque de Niebla del Km 18 de la vía Cali-Buenaventura (1900 m s. n. m.), Reserva Natural Bachué (1800 m s. n. m.), Reserva Nacional Forestal Bosque de Yotoco (1500 m s. n. m.) y una localidad en el sur de la ciudad de Cali (1000 m s. n. m.)

Biología floral

Caracterización espectral: Se midió la reflectancia espectral UV-visible de flores fértiles y estériles de *O. adelaidae* con un espectrómetro USB-650 (Ocean Insight Inc., Orlando, EE. UU.) equipado con una fuente de luz por pulsos de xenón (220-700 nm) y una sonda R400-7-SR (200 nm - 1.1 μ m) colocada en un ángulo de 90° respecto a la superficie a medir. El espectrómetro se calibró antes de las mediciones con un estándar de reflectancia difusa (WS-1 Ocean Optics). Se utilizó el software Ocean View 02.00.10. Se establecieron 10 segundos de tiempo de integración y un ancho de caja de 4. La reflectancia espectral UV-visible se midió, además de en flores fértiles y estériles de *O. adelaidae*, en flores de *Oncidium sphacelatum* y de *Stigmaphyllon echitoides*. La orquídea *O. sphacelatum* es una de las más estudiadas del género *Oncidium* y carece de heterantia y de recompensa floral, por lo cual, es ideal como especie de referencia. Por su parte, la malpigiácea *S. echitoides* es una de las lianas de flores oleíferas con las que *O. adelaidae* comparte hábitat a lo largo de su rango de distribución natural. *Stigmaphyllon echitoides* resulta de interés para este estudio ya que trabajos previos en *Oncidiinae* sugieren casos de mimetismo floral batesiano o mülleriano entre estos dos grupos de plantas [4].

Caracterización de la recompensa floral: Para identificar y localizar las recompensas florales en *O. adelaidae* se tomaron 10 flores estériles y 8 flores fértiles de 4 plantas. Las flores se sumergieron en una solución alcohólica de Sudán negro (en inglés, Sudan Black) entre 60 y 120 segundos para

detectar la presencia de lípidos [5]. Las flores expuestas a la tinción se examinaron en un estereomicroscopio SEIZ STEMI 305 (4×), y las zonas teñidas se fotografiaron con la cámara para estereomicroscopio ZEISS AxioCam ERc 5s.

Sistema de cruzamiento: En la Reserva Natural Bachué se seleccionaron 11 plantas con al menos 4 flores fértiles. Estas flores se asignaron a uno de los siguientes tratamientos de manera aleatoria: exclusión total de los visitantes florales (ET), xenogamia manual (XM), autogamia manual (AM) o polinización abierta (PA), de tal manera que cada planta recibiera los cuatro tratamientos a manera de bloque. Las flores que se asignaron a los tres primeros tratamientos se embolsaron para evitar que agentes externos pudiesen alterar los resultados del experimento [6].

Posible sistema mimético

Distribución y Fenología: Se realizaron revisiones de material de herbario y de las plataformas de ciencia ciudadana para determinar la época de floración de *O. adelaidae* y *S. echitoides* y la distribución de estos. Además, se realizaron monitoreos quincenales desde enero hasta marzo de 2023 en la Reserva Natural Bachué y en el Bosque de Niebla del Km 18.

Resultados

Biología floral

Caracterización espectral: Los resultados de la caracterización espectral de las flores estériles de *Oncidium adelaidae*, en comparación con las partes florales de su misma especie y otras de interés, indican que la reflectancia de este morfo floral es muy escasa, en comparación a las flores fértiles de esta especie, las de la malpigiácea *Stigmaphyllon echitoides* y las de la orquídea *Oncidium sphacelatum*, usada como elemento control. Con respecto a las cuatro zonas de medición de las tres especies, la columna, el labelo y los pétalos presentan un pico de reflectancia en los valores correspondientes al espectro UV (300 nm a 400 nm) (Fig.1).

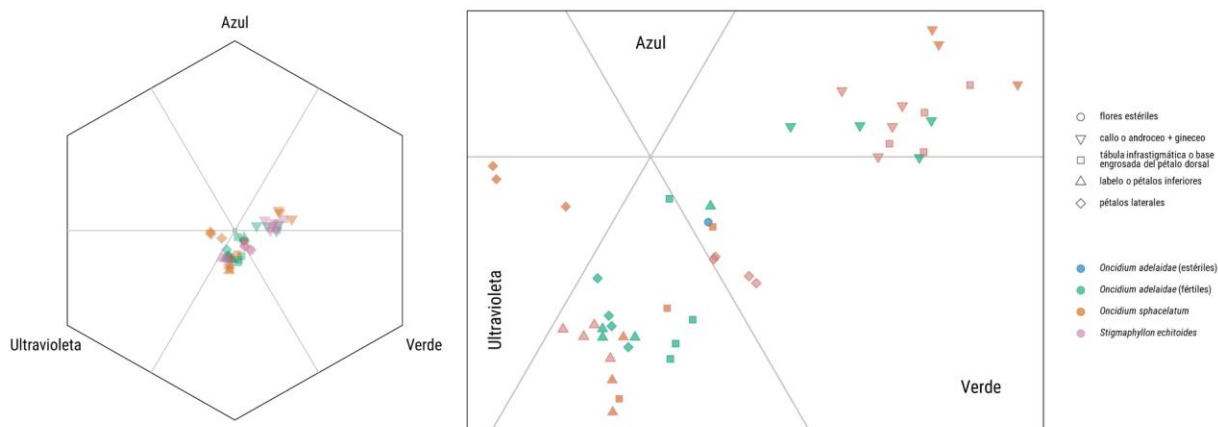


Figura 1. Esquema hexagonal de la visión de las abejas. El panel de la derecha es una ampliación del centro del hexágono cromático.

Caracterización de la recompensa floral: Se confirma la producción de recompensa floral en forma de aceites en las flores fértiles de *O. adelaidae*. Las flores teñidas con Sudán negro ($n = 8$) dieron

positivo para la presencia de lípidos en tricomas de la parte trasera de la tábula infrastigmática y la parte más alta del dorso de la columna

Sistema de cruzamiento: Las flores estériles no poseen estructuras reproductivas capaces de incidir en el sistema de cruzamiento de la especie, ya que no producen polen, ni poseen siquiera un vestigio de tejido estigmático; también carecen de ovario y óvulos. En cambio, las flores fértiles de *Oncidium adelaidae* dependen completamente de polinizadores (i.e., las flores que recibieron el tratamiento de exclusión total en el experimento de polinización no formaron frutos, n = 11 flores). Además, la especie es autoincompatible, ninguna flor autopolinizada manualmente inició la formación de fruto (P = 0.0002 de la prueba exacta de Fisher, n = 11 flores)

Posible sistema mimético

Distribución y Fenología: La orquídea *Oncidium adelaidae* comparte distribución natural con la malpigiácea *Stigmaphyllon echitoides*. Poblaciones de esta liana cercanas a las de la orquídea se pudieron observar in situ en la Reserva Natural Bachué, la Reserva Nacional Forestal Bosque de Yotoco y el bosque de niebla del Kilómetro 18. Además, se confirmó a partir de los registros de herbario, las plataformas de ciencia ciudadana y observaciones personales la co-ocurrencia de estas dos especies a nivel geográfico

Discusión y conclusiones

El análisis de las flores estériles en *Oncidium adelaidae* y su comparación con otras familias como Adoxaceae, Hydrangeaceae, Hyacintheae, Asparagaceae y Asteraceae sugiere que su pequeño tamaño y falta de atractivo cromático no cumplen un rol en aumentar el despliegue floral. Contrario a sistemas donde las flores estériles periféricas son visualmente atractivas, en *O. adelaidae* se encuentran centralmente. Además, se explora la señalización química de aromas florales como posible mecanismo de atracción en las flores estériles, aunque la falta de evidencia sólida impide determinar si esta señalización es honesta o deshonesto. La observación del comportamiento de la abeja polinizadora sugiere que la oferta de aceites de la orquídea podría ser menor o menos constante que la de la malpigiácea contigua.

Producir y mantener flores funcionales es costoso para las plantas, y se sugiere que la presencia de flores no recompensadas podría estar relacionada con la reducción de gastos energéticos. En el caso de *Oncidium adelaidae* y otras especies de *Oncidium* con heterantia, reducir el desarrollo de casi el 97% de las flores podría representar un ahorro significativo de energía, especialmente en entornos con limitaciones de recursos como el dosel arbóreo. Se plantea la pregunta de por qué evolucionó la estrategia de heterantia en lugar de otras estrategias como la producción de flores atractivas o la polinización por engaño, y se destaca la necesidad de explorar el contexto ecológico local para comprender mejor estas adaptaciones. La coexistencia de diversas estrategias reproductivas en el mismo entorno subraya la complejidad de las respuestas adaptativas de estas orquídeas.

Las flores estériles de *Oncidium adelaidae* podrían ser parte de un mecanismo para reducir la frecuencia de polinizaciones geitonógamas. Al tener menos flores fértiles por planta, se limita la sobre-visitación del polinizador a flores de la misma planta, disminuyendo la autopolinización. Esto es crucial para oncidíneas autoincompatibles y polinizador-dependientes. La baja tasa de visitas florales sugiere una fuerte presión selectiva hacia mecanismos que evitan la autopolinización. Se destaca la importancia de estudios de cruzamiento en diferentes poblaciones

para comprender la variabilidad de la autoincompatibilidad y cómo afecta la reproducción en diferentes entornos altitudinales.

- Aunque *Oncidium adelaidae* presenta dimorfismo floral (heterantia), sus flores fértiles conservan la arquitectura floral, dependencia de polinizadores y autoincompatibilidad propios de otras especies con flor tipo *Oncidium*. En cambio, las flores estériles de esta especie son visualmente muy poco atractivas para las abejas y no ofrecen recompensa, aunque no se descarta cierta capacidad para atraer polinizadores mediante la producción de aromas florales.
- La orquídea *Oncidium adelaidae* cohabita con malpigiáceas oleíferas y, al igual que estas, es polinizada por abejas colectoras de aceite. Esto se favorece por un amplio solapamiento espacial, altitudinal y temporal de estas dos especies de plantas, así como un aspecto floral muy semejante.

Referencias

- [1] Armbruster, W. S., Floral specialization and angiosperm diversity: phenotypic divergence, fitness trade-offs and realized pollination accuracy. (2014), *AoB Plants*, 6.
- [2] Ackerman, J. D., Phillips, R. D., Tremblay, R. L., Karremans, A., Reiter, N., Peter, C. I. y Liu, H., Beyond the various contrivances by which orchids are pollinated, global patterns in orchid pollination biology. *Botanical Journal of the Linnean Society*, (2023).
- [3] Vale, A., Navarro, L., Rojas, D., y Alvarez, J. C., Breeding system and pollination by mimicry of the orchid *Tolumnia guibertiana* in Western Cuba. *Plant Species Biology*, (2011), 26(2), 163-173.
- [4] Castro, J. B., Machado, G., y Singer, R. B., Müllerian mimicry between oil-producing orchids and Malpighiaceae? An old hypothesis finally tested. *The Science of Nature*, (2022), 109(1), 3.
- [5] Gomiz, N. E., Torretta, J. P., y Aliscioni, S. S., Comparative anatomy of elaiophores and oil secretion in the genus *Gomesa* (Orchidaceae). *Turkish Journal of Botany*, (2013) 37(5), 859-871.
- [6] Dafni, A., Kevan, P. G., y Husband, B. C. *Practical pollination biology*, (2005)