

Biología reproductiva y visitantes florales de dos especies de *Salvia* con síndrome de polinización por aves y abejas

Judith Espino Espino, Yunuhen E. Baños Bravo y Eduardo Cuevas García

Facultad de Biología, UMSNH

Resumen

Las características de las flores son fundamentales para el éxito reproductivo de las especies. El género *Salvia* presenta una morfología floral especializada a la cual se le ha atribuido la radiación adaptativa de este género. En este trabajo se evaluaron aspectos de la biología reproductiva de *Salvia gesneriflora* y *S. reptans*, las cuales presentan síndromes de polinización por aves y abejas, respectivamente. Los resultados muestran dos especies con biología reproductiva contrastante para la mayoría de los aspectos analizados, como altura de las plantas, número de flores expuestas por día por planta, largo y ancho del tubo floral, y producción de frutos por planta. La única variable en la cual no difieren estas dos especies es en la cantidad de semillas por fruto que producen. Finalmente, ambas especies además de recibir las visitas esperadas de acuerdo a sus características florales, como colibríes en *S. gesneriflora* y abejas en *S. reptans*, fueron visitadas por gremios que no concuerdan con su síndrome de polinización incluyendo abejas en *S. gesneriflora* y mariposas en *S. reptans*, lo que podría explicar la baja producción de semillas por fruto en ambas especies, ya que estos insectos consumen el néctar sin polinizar las flores.

Palabras clave: *Salvia reptans*, *S. gesneriflora*, interacción planta-polinizador, síndromes de polinización.

Abstract

Floral characters are essential for the reproductive success of plant species. The genus *Salvia* has a specialized floral morphology, which has been related to the adaptive radiation of this genus. This study evaluated some aspects of the reproductive biology of *Salvia gesneriflora* and *S. reptans*, two species with contrasting bird and bee pollination syndromes, respectively. Our results showed two species with contrasting reproductive biology for most of the analyzed aspects, such as plant height, floral display, floral tube length and fruit production. The only variable ubiquitous to both species was the seed number per fruit, which remained similar. Finally, besides the expected floral visitors, such as hummingbirds in *S. gesneriflora* and bees in *S. reptans*, both species were visited by insect guilds that were not expected according to their floral characters, including bees in *S. gesneriflora* and butterflies in *S. reptans*, which could explain the low seed number per fruit obtained in both species, because these insects consume the nectar but they might not pollinate the flowers.

Key words: *Salvia reptans*, *S. gesneriflora*, plant-pollinator interaction, pollination syndrome.

Introducción

La morfología floral es una característica relevante para las plantas que dependen de animales como polinizadores. Dado que la mayoría de las plantas polinizadas por agentes bióticos se enfrentan al comportamiento generalista de los polinizadores las flores muestran señales que sirven de atrayentes para gremios específicos de polinizadores como el color de los pétalos, guías de néctar, fragancias y por supuesto la morfología floral en su conjunto (Olesen y Jordano 2002). A pesar de que estas características representan un costo para las plantas, se propone que el beneficio que obtienen en términos del éxito reproductivo es mayor (Thomson 1988, Galen 1999). Al conjunto de características florales relacionadas con la atracción de uno o más grupos particulares de polinizadores, se le llama síndrome de polinización (Fenster *et al.* 2004). Como ejemplo, las flores rojas de corola tubular larga y estrecha y abundante producción de néctar corresponden con el síndrome de polinización por aves u ornitófilico. Por otro lado, las flores de color amarillo o azul-morado con labio ancho y tubos florales cortos, generalmente corresponden con el síndrome de polinización por abejas o melitófilico. El género *Salvia* presenta alrededor de 310 especies en México (Ramamoorthy y Elliot 1998) y todas presentan flores hermafroditas, las cuales pueden ser agrupadas en especies ornitófilicas (polinizadas por aves) y melitófilicas (por abejas). *Salvia* se distingue de los otros 72 géneros en la tribu Mentheae por tener dos estambres funcionales y dos posteriores abortados, que junto con el tejido conectivo resultan en la formación de lo que se ha

denominado “mecanismo de palanca” (Walker y Sytsma 2007). El mecanismo de palanca funciona de la siguiente manera: al ser visitada una flor por un insecto o ave en busca de néctar, se presiona la barrera trasera, es decir, el brazo conectivo inferior, haciendo que el brazo en el que se encuentran las anteras salga del labio superior impregnando de polen al visitante en la parte dorsal en los insectos o en la cabeza de las aves. Cuando el visitante se retira los estambres vuelven a su lugar (Reith *et al.* 2007; Fig. 1). Se ha propuesto que la enorme diversificación del género *Salvia* se debe a la presencia del mecanismo de palanca que le confiere beneficios en términos de un aumento en su adecuación (Claben-bockhoff *et al.* 2004; Westerkamp y Claben-Bockhoff 2007).

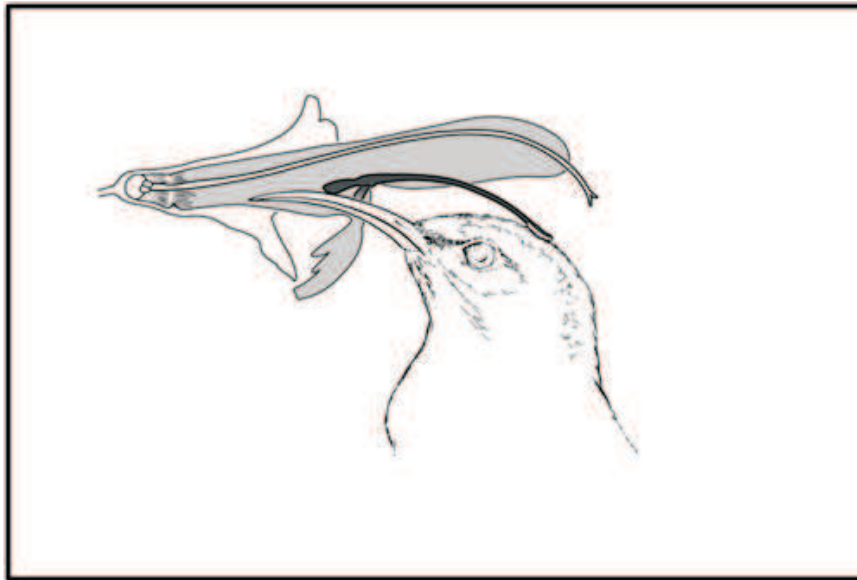


Figura 1. Se muestra el funcionamiento del “mecanismo de palanca” único del género *Salvia*, en el cual al introducir su pico el colibrí, presiona el brazo que hace que bajen las anteras y se deposite el polen en la cabeza del ave.

En este trabajo se comparó la biología floral y reproductiva de *S. gesneriflora* una especie ornitófila y *S. reptans* una especie melitófila, ambas especies con mecanismo de palanca activo. En particular se comparó el tamaño de plantas, la producción de flores, frutos y los visitantes florales de ambas especies.

Materiales y métodos

Especies y sitios de estudio

Salvia reptans Jacq. es una planta herbácea perenne, que mide de 0.5 a 1 m de altura, de flores azules de 1.8 a 2.1 cm de largo por 2 mm de ancho, con un pétalo superior de 5 a 6 mm, mientras que el labio inferior es más grande ~1.3 cm de largo y 1 cm de ancho. *S. reptans* se distribuye en pastizales, matorrales, bosques de pino y de encino, desde el suroeste de Texas a Chiapas (Rzedowsky y Rzedowsky 2005). A pesar de estar presente en aéreas urbanas se ha dado poca atención a su biología reproductiva. *S. gesneriflora* se distribuye en los estados del centro de México (Jalisco, Michoacán, Distrito Federal, Estado de México, Guanajuato y San Luis Potosí (Rzedowsky y Rzedowsky 2005).

La población de *S. reptans* estudiada se ubica en el Jardín botánico de la UMSNH en Morelia, Michoacán (19° 38' 81.5" N y 101° 13' 46" O, 1990 msnm). Los datos de *S. gesneriflora* se obtuvieron de una población cercana a Los Azufres en la localidad de El Rincón de Jeráhuaro que se sitúa en el municipio de Zinapécuaro, Michoacán (19° 52' 60" N y 100° 34' 60" O) a una altitud de 2390 msnm. La localidad está rodeada en la parte oriental y norte por una sierra compuesta de bosque de pinos, encinos y oyamel (*Abies religiosa*). Los datos de *S. gesneriflora* se obtuvieron durante los meses de diciembre de 2009 a mayo de 2010 y los de *S. reptans* durante el 2011. En cada población se eligieron 30 y 32 plantas al azar, respectivamente y en cada una se midió la altura de la planta, número de flores y el ancho y largo del pétalo floral. Es importante aclarar que desconocemos si se trata de plantas de la misma o diferente edad. Dependiendo de la disponibilidad de flores en cada planta se midieron al menos dos flores de cada planta. También se realizaron 15 hrs. de observaciones por especie registrando los visitantes florales, número de flores visitadas por planta y el tiempo de las visitas. Se colectaron algunos insectos para su identificación y las aves se identificaron con ayuda de guías de campo. Posteriormente, al final de la época de floración, se estimó la producción total de frutos por planta y semillas por fruto en 30 plantas de cada especie (cuatro frutos/planta). Con la finalidad de saber si existían diferencias entre ambas especies en la altura de las plantas, tamaño de flores, número de flores expuestas, producción de frutos y semillas por planta, así como el número de flores visitadas se realizaron análisis estadísticos (ANOVA de una vía). La relación entre el número de flores expuestas y el número de visitas florales, así como la relación entre el tamaño de las plantas y la cantidad de flores expuestas se evaluó mediante un análisis de regresión lineal. Todos los análisis se realizaron con ayuda del programa JMP versión 5.1 (SAS Institute 2004).

Resultados

Con excepción de la cantidad de semillas por fruto, que no difirió entre las especies y el ancho del pétalo que fue mayor en *S. reptans*, los demás componentes aquí analizados como altura de planta, número de flores expuestas, largo tubo floral y frutos por planta fueron

mayores significativamente en *S. gesneriflora* (Cuadro 1). Además, en *S. reptans*, el ancho del labio sirvió de plataforma de aterrizaje a insectos, principalmente abejas (Fig. 2 A).

CUADRO 1. Promedio de cada variable analizada por especie (\pm error estándar) y valores de significancia de la comparación entre las dos especies.					
	<i>S. reptans</i>	<i>S. gesneriflora</i>	G. I.	F	P
Altura de plantas (cm)	53.99 \pm 2.01	285 \pm 0.14	1	503.27	< 0.0001
Número de flores expuestas por día	2.75 \pm 0.21	41.23 \pm 11.71	1	11.51	0.0012
Ancho pétalo (mm)	17.08 \pm 0.24	8.44 \pm 0.69	1	325.19	< 0.0001
Largo tubo floral (mm)	10.32 \pm 0.49	60.63 \pm 1.71	1	2342.1	<0.0001
Frutos por planta	42.5 \pm 4.8	105.15 \pm 17.61	1	12.89	0.0007
Semillas por fruto	2.16 \pm 0.18	2.36 \pm 0.1	1	0.4285	0.5177

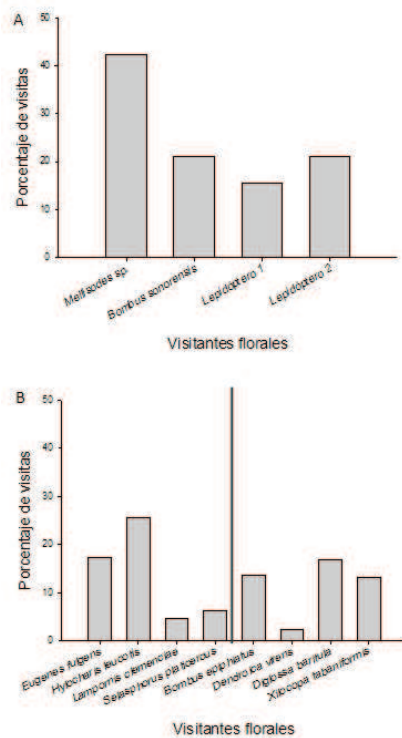


Figura 2. Visitantes florales de *Salvia reptans* y *S. gesneriflora*. A) *Bombus sonorensis* con polen de *S. reptans* en su cabeza, B) mariposa diurna de la familia Hesperiiidae, (Lepidóptero 1 en la fig. 3A), C) mariposa nocturna (Lepidóptero 2 en la fig. 3A), D) *Eugenes fulgens* polinizando *S. gesneriflora* y E) *Xylocopa tabaniformis* perforando cáliz de un flor para extraer néctar. Todas las fotografías fueron tomadas en las poblaciones estudiadas. Las fotografías (A-C) fueron tomadas por Verónica Decelis, durante el desarrollo del estudio y las demás por los autores.

En *S. reptans*, no se encontró una correlación entre el número de flores expuestas por planta y el número de flores visitadas ($P = 0.6877$) y en *S. gesneriflora* no fue posible analizar este aspecto. No se encontró correlación entre el tamaño de la planta y la cantidad de flores expuestas en *S. reptans* ($P = 0.3505$, $F = 8996$, g. l. = 31); ni en *S. gesneriflora* ($P = 0.7418$, $F = 0.1107$, g. l. = 29). Ambas especies produjeron en promedio la mitad de semillas por fruto, respecto al número de óvulos por flor que es de cuatro, sin que se detectaran diferencias entre las especies (Cuadro 1). Respecto a los visitantes florales, la especie que realizó el mayor número de visitas en *S. reptans* fue la abeja del género *Mellisodes* sp. con el 42.3 %, seguida del abejorro *Bombus sonorensis* con el 21% de las visitas (Fig. 2A y 3A). En el caso de *S. gesneriflora* sus flores de corola roja, tubular, angosta, fueron visitadas por colibríes (Fig. 2D) y también por abejas (Fig. 2E). Sus visitantes florales se pueden separar en dos grandes grupos, los polinizadores (Fig. 2D y 3B) y los robadores o hurtadores de néctar (Fig. 2E y 3B). Los robadores de néctar visitan la base de las flores, generalmente rompiendo el cáliz y/o corola de las flores. En *S. gesneriflora*, la especie de polinizador que realizó más visitas fue el colibrí *Hylocharis leucotis* con un 25.57 % (Fig. 3B). Por otra parte, el ave *Diglossa baritula* fue la que realizó más visitas, probablemente como robadora de néctar (16.8 %, Fig. 3B). A pesar de la diferencia en comportamiento de los visitantes florales de *S. gesneriflora*, no se encontraron diferencias en el número de flores visitadas por cada una de las especies visitantes ($P = 0.25$, $F = 1.28$, g. l. = 69), ni en *S. reptans* ($P = 0.4769$, $F = 0.9015$, g.l. = 31). En promedio los visitantes florales de *S. gesneriflora* forrajean significativamente en más flores por visita (2.812 ± 0.458) que los visitantes de *S. reptans* (1.68 ± 0.158 ; $P = 0.015$, $F = 6.30$, g. l. = 47).

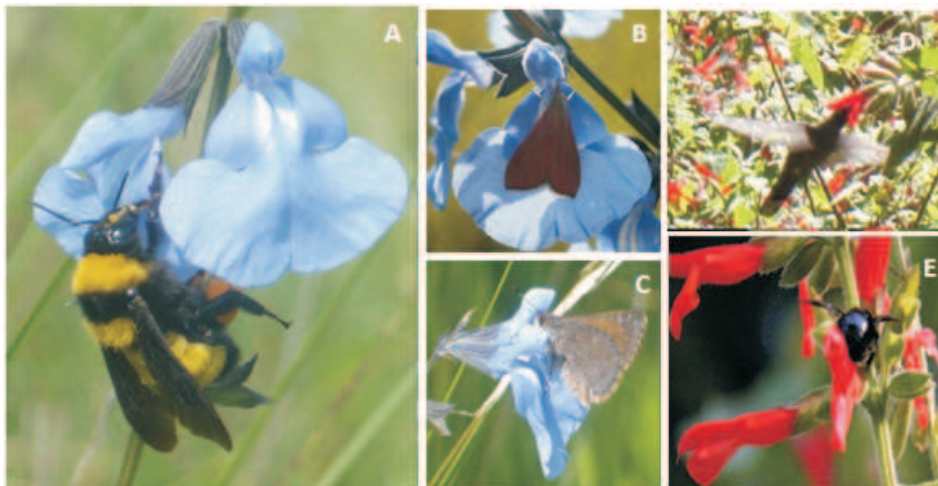


Figura 3. Porcentaje de visitas realizadas por cada visitante floral en *S. reptans* (A) y *S. gesneriflora* (B). Las primeras cuatro barras de la izquierda en el histograma de *S. gesneriflora*, corresponden a especies que desempeñan un papel como polinizadores (colibríes) y las siguientes barras son robadores de néctar y polen (aves, abejorros y xylocopas).

Discusión

Es relevante el haber encontrado que la mayoría de las características evaluadas como la altura de la planta, producción de flores y frutos presentó grandes diferencias entre las especies estudiadas. Sin embargo, se requiere de un estudio más amplio que incluya un mayor número de especies de *Salvia* para conocer si las diferencias aquí encontradas entre plantas polinizadas por colibríes y abejas se mantienen a nivel de todo el género. Otro aspecto relevante es que a pesar de la gran diversidad del género *Salvia*, que incluye alrededor de 1000 especies a nivel mundial (Walker y Sytsma 2007), únicamente se han reportado especies con caracteres florales que corresponden con la polinización por aves y colibríes. El hecho de que las plantas de *S. gesneriflora* fueron significativamente más altas que las plantas de *S. reptans* se puede relacionar con el hecho de presentar significativamente más flores por día y por lo tanto producir más frutos por planta. Además, podría pensarse que la mayor altura de las plantas de *S. gesneriflora* puede estar relacionada con la atracción de colibríes como polinizadores, los cuales no han sido observados en *S. reptans*. Sin embargo, el número de semillas por fruto, que es una variable independiente del tamaño de la planta, no mostró diferencias significativas entre las dos especies. Ambas plantas produjeron la mitad de semillas por fruto que potencialmente pueden producir, lo cual probablemente indica que presentan limitación de polen en las localidades estudiadas. Sabemos que las flores de *S. gesneriflora* no pueden polinizarse sin la presencia de polinizadores, es decir, carecen de polinización autónoma (Alcalá 2010). Para estimar si presentan limitación de polen, se deben polinizar manualmente las flores de algunas plantas y otras dejarlas expuestas a polinizadores (flores control). Si las flores control producen menos frutos que las polinizadas manualmente, es evidencia de limitación de polen. Sin embargo, Larson y Barrett (1999) indican que la limitación por polen es menos fuerte en especies autocompatibles, como es el caso de las especies bajo estudio, por lo tanto la disminución del número de semillas probablemente sea el resultado de la depresión por endogamia, lo cual no fue analizado en el presente trabajo. Además de la depresión endogámica, en *S. gesneriflora* la baja producción de semillas por fruto pudo deberse al robo de néctar que disminuye la probabilidad de desarrollo de semillas dentro de los cálices dañados. En *S. reptans* probablemente sea debido a las visitas ineficientes por parte de las mariposas, ya que no concuerdan con el síndrome de polinización que presenta esta especie y muy probablemente obtienen el néctar sin polinizar las flores.

Las grandes diferencias en la morfología floral de las dos especies estudiadas se relacionan con los distintos síndromes de polinización para cada una. Por ejemplo, el largo y ancho del pétalo mostraron diferencias significativas entre las especies lo cual concuerda con los síndromes de polinización contrastantes. El pétalo floral de *S. reptans* es significativamente más ancho que el de *S. gesneriflora* lo cual concuerda con un síndrome de polinización por abejas, ya que este tipo de labio sirve a las abejas o abejorros como plataforma de aterrizaje y soporte mientras forrajea. Por el contrario, esta característica no es necesaria en especies polinizadas por colibríes que revolotean mientras forrajea. En *S. gesneriflora*, el tener un tubo floral largo y angosto reduce las vistas por abejas pero favorece el robo de

néctar por las mismas. Además de las visitas esperadas en cada especie, de acuerdo a sus caracteres florales incluyendo abejas en *S. reptans* y colibríes en *S. gesneriflora*; *S. reptans* recibió la visita de lepidópteros y *S. gesneriflora* la de varios robadores (Figs. 2 y 3). A pesar de que las flores de *S. gesneriflora* fueron sometidas a extracción de néctar acompañado de daño considerable de corola/cáliz (*sensu* Inouye 1980) por dos especies de aves (*Dendroica virens* y *Diglossa baritula*), una abeja carpintera (*Xylocopa tabaniformis*) y un abejorro (*Bombus ephippiatus*), las especies de colibríes que la visitaron polinizaron efectivamente esta especie ya que flores excluidas de polinizadores no producen frutos (Alcalá 2010). Finalmente, cabe mencionar que la morfología floral de ambas especies puede modificarse por factores ambientales (ej. poblaciones a mayor o menor altitud, etc), y de ser así, podríamos esperar que las interacciones con sus polinizadores cambien también.

En conclusión, encontramos marcadas diferencias morfológicas florales que se pueden interpretar como adaptaciones a distintos polinizadores aunque esto no excluyó la visita de mariposas en *S. reptans* y de robadores de néctar en *S. gesneriflora*. Finalmente, se requieren estudios a mayor escala para conocer si las diferencias en caracteres de historia de vida aquí encontrados es una generalidad del género *Salvia*.

Agradecimientos

A PROMEP (UMSNH-PTC-208) y a la Coordinación de la Investigación Científica (UMSNH) por el apoyo financiero para la realización de este estudio. Judith Espino agradece a PROMEP la beca otorgada. A Veronica Decelis por las fotografías de la Figura 1 incisos A-C.

Bibliografía

- Alcalá A. V. 2010. Biología reproductiva y fenología floral de un arbusto de bosque templado. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- ClaBen-Bockhoff R., Speck T., Tweraser E., Wester P., Thimm S. y M. Reith. 2004. The staminal lever mechanism in *Salvia* L. (Lamiaceae): a key innovation for adaptive radiation?. *Organisms diversity and Evolution*. 4: 189-205.
- Fenster C.B, Armbruster W. S, Wilson P, Dudash M. R. y J. d. Thomson. 2004. Pollination syndromes and floral specialization. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 35: 375-403.
- Galen C. 1999. Why do flowers vary? The functional ecology of variation in flower size and form within natural plant populations. *BioScience*. 49: 631-640.
- Inouye D. W. 1980. The terminology of floral larceny. *Ecology*. 61: 1251-1253.
- Larson B.M. H. y S. C. H. Barrett. 1999. A comparative analysis of pollen limitation in flowering plants. *Biological Journal of the Linnean Society*. 69: 503-520.

- Olesen JM, Jordano P. 2002. Geographic patterns in plant–pollinator mutualistic networks. *Ecology*. 83: 2416–2424.
- Ramamoorthy, T. P. y M. Elliott. 1998. Lamiaceae de México: diversidad, distribución, endemismo y evolución. Instituto de Biología, UNAM, México, D. F. *pp.* 501-526.
- Reith, M., Baumann G, Claben-Bockhoff R y Speck T. 2007. New insights into the functional morphology of the lever mechanism of *Salvia pratensis* (Lamiaceae). *Annals of Botany*. 100: 393-400.
- Rzedowski, G. C. y J. Rzedowski. 2005. Flora fanerogámica del Valle de México. 2ª. ed., 1ª. reimp., Instituto de Ecología, A. C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la biodiversidad, Pátzcuaro (Michoacán), 1406 pp.
- Thomson J. D. 1988. Effects of variation in inflorescence size and floral rewards on the visitation rates of traplining pollinators of *Aralia hispida*. *Evolutionary Ecology*. 2:65-76.
- Walker, J. B. Y K. J. Sytsma. 2007. Staminal evolution in the genus *Salvia* (Lamiaceae): Molecular phylogenetic evidence for multiple origins of the staminal lever. *Annals of Botany*. 100: 375-391.
- Westerkamp C. y R. ClaBen-Bockhoff. 2007. Bilabiate flowers: The ultimate response to bees?. *Annals of Botany*. 100: 361-374.