

Interacciones

Planta - Animal



Artrópodos – Aves - Mamíferos

Tipos de interacciones planta - animal

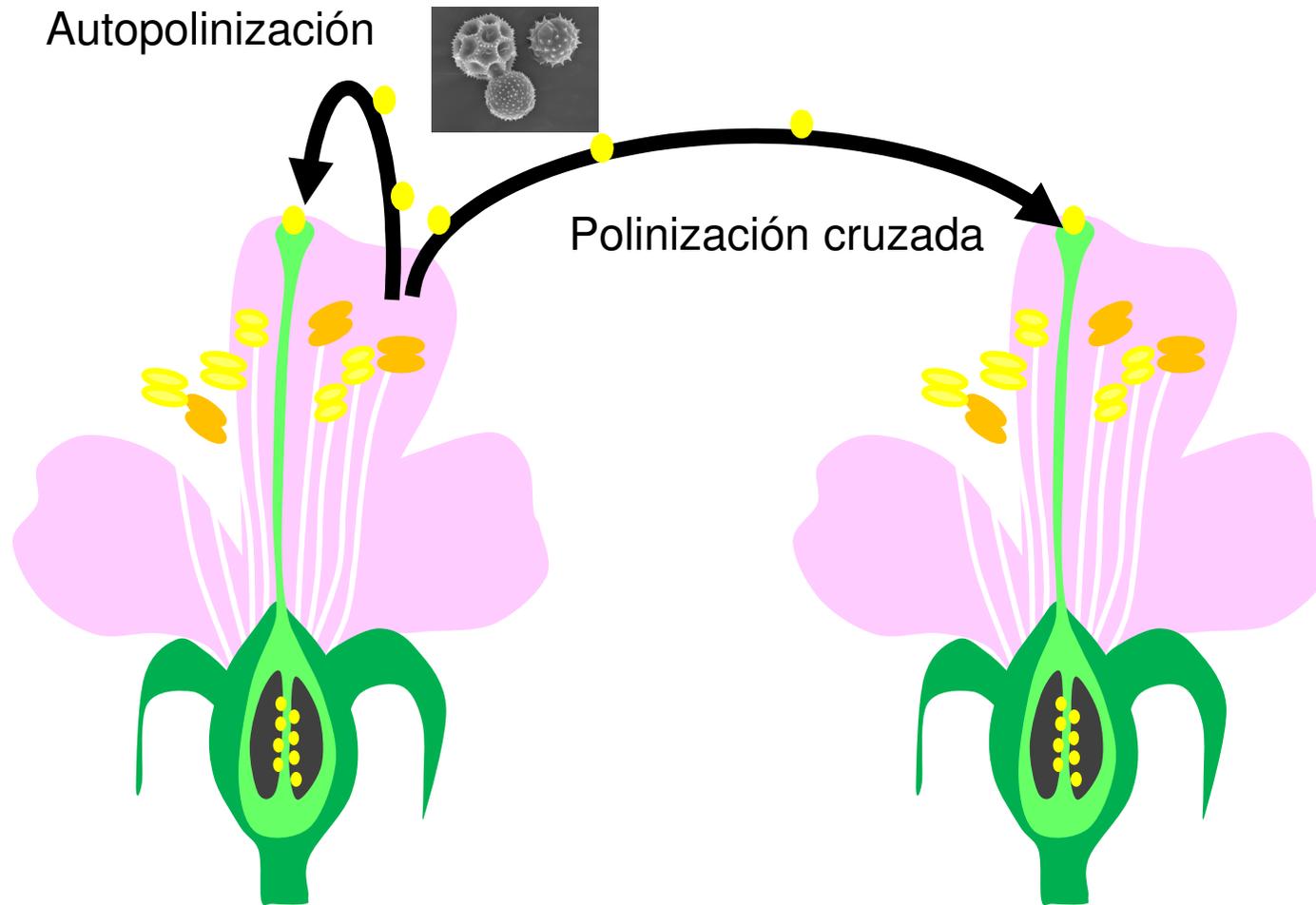
Tipo de interacción	Especie 1	Especie 2	Situación
Predación	+	-	Conflicto
Parasitismo	+	-	
Competencia	-	-	
Amensalismo	-	0	
Neutralismo	0	0	
Comensalismo	+	0	
Mutualismo	+	+	Alianzas (simbiosis)

Modificado de Perry et al 2008

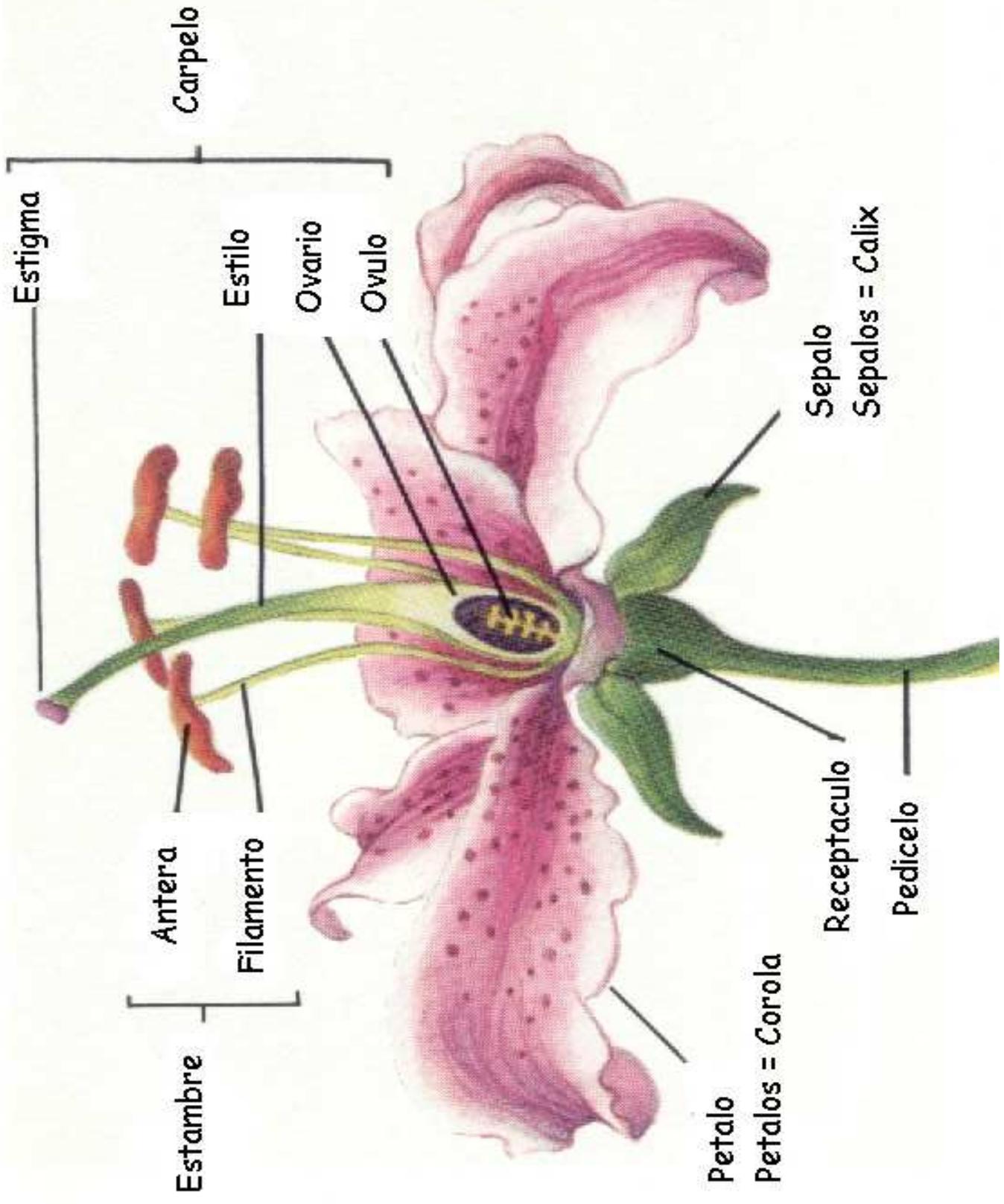
Alianza #2: Polinización



La polinización es la transferencia de polen de la antera al estigma



Sólo unas pocas plantas se auto-polinizan, la mayoría requieren polinización cruzada



Estigma

Carpelo

Estilo

Ovario

Ovulo

Antera

Filamento

Estambre

Sepalo

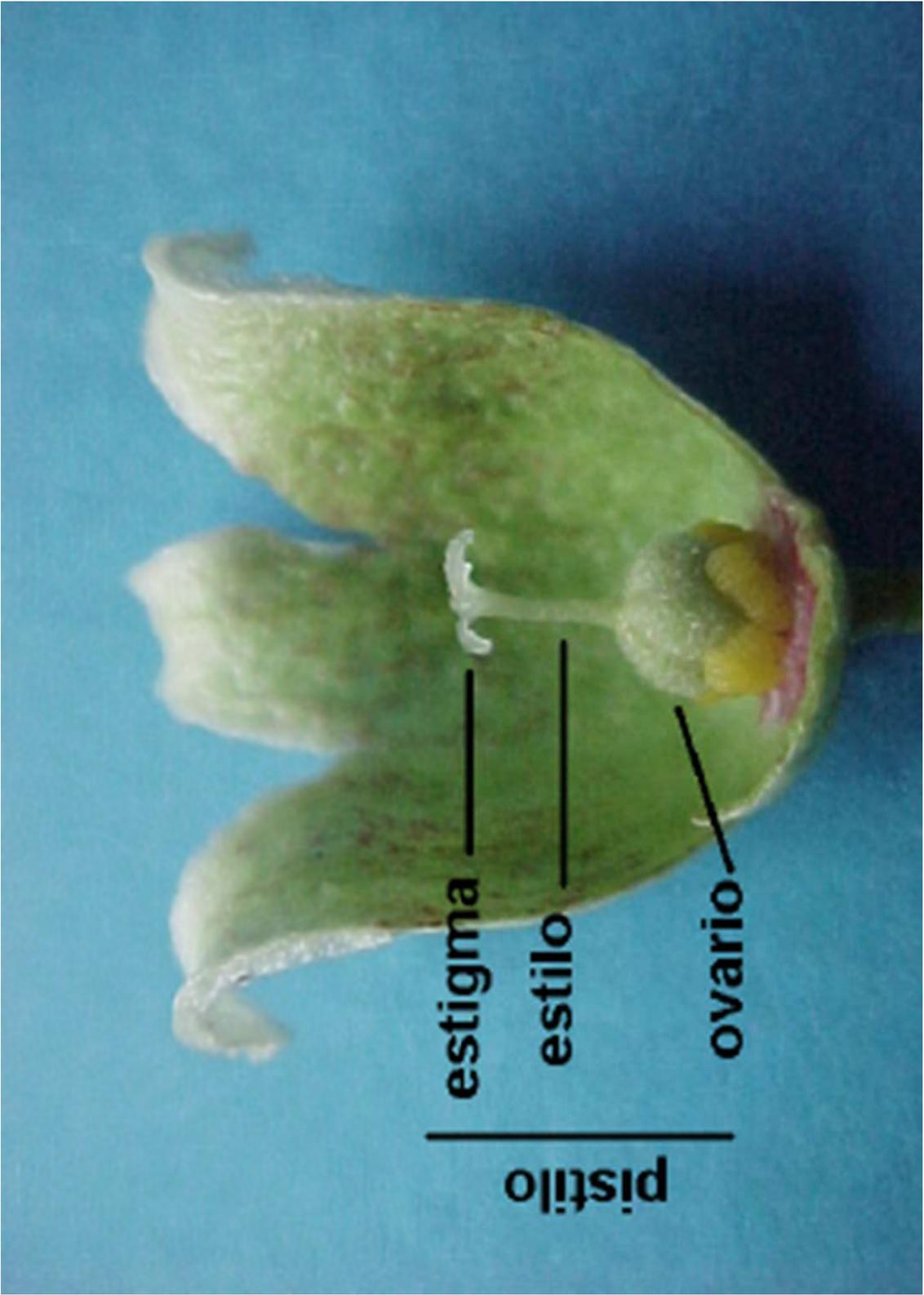
Sepalos = Calix

Receptaculo

Pedicelo

Petalo

Petalos = Corola



estigma

estilo

ovario

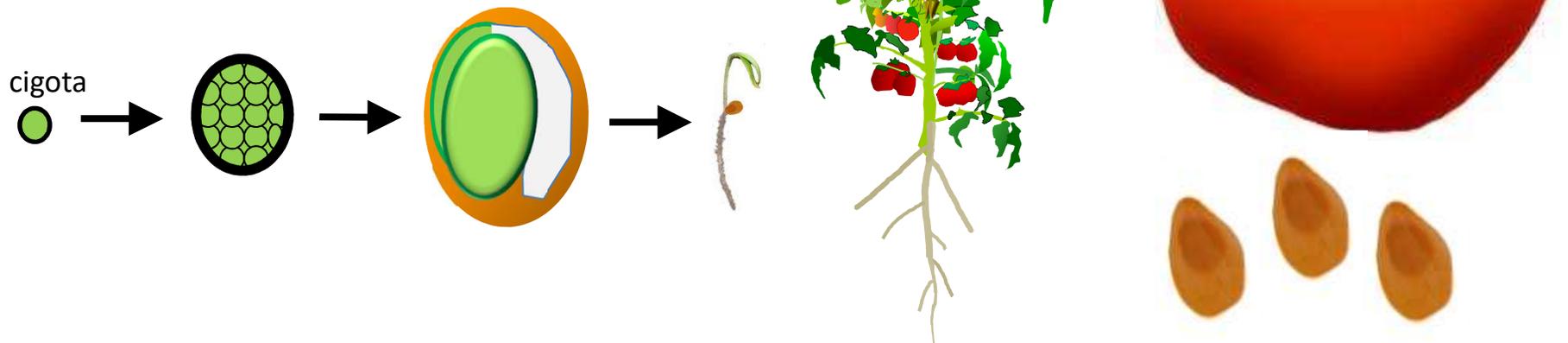
pistilo

¿Cuál es la importancia de la polinización?



FECUNDACIÓN

El polen contiene el esperma que viaja a través del pistilo para fertilizar el óvulo



TIPOS DE POLINIZACIÓN

Tipo	Agente
Anemófila	Viento
Hidrófila	Agua
Zoófila	Animales
<ul style="list-style-type: none">Entomófila	Insectos: himenópteros (abejas y avispas), lepidópteros (polillas y mariposas), dípteros (moscas), coleópteros (escarabajos).
<ul style="list-style-type: none">Ornitófila	Aves: colibríes
<ul style="list-style-type: none">Quireptófila	Murciélagos pequeños



POLINIZACIÓN ZOOFILA

Los polinizadores requieren diferentes tipos de atractivos, por lo que las flores zoófilas han evolucionado y se han diversificado en una gran variedad de tipos que los que agrupan en **síndromes florales**.

Las diversas y complejas estructuras florales son el resultado de su **coevolución** con insectos u otros animales polinizadores.



Coevolución

Serie de cambios evolutivos que se dan de forma recíproca entre dos o más especies ecológicamente interrelacionadas.

Coevolución

- Se requiere de cambios en las especies implicadas.
- No se trata simplemente que una especie presente un cambio como resultado de la actividad o la presencia de otro organismo.
- Para que exista **coevolución** es necesario que las adaptaciones que desarrolla la especie 1, sea resultado de las adaptaciones de la especie 2 y de esta manera la especie 1 pueda incrementar su éxito reproductivo, luego la especie 2 desarrollará por selección natural otra adaptación (o una mejora de las ya presentes) que le permitirán utilizar las características de la especie 1 para dejar más descendencia. Esta influencia evolutiva mutua llevará a establecer una relación de mutualismo entre las especies 1 y 2.

Ejemplo de coevolución que desembocó en mutualismo:



Note la forma del pico del Iiwi (*Versitaria coccinea*) y la forma de la corola de la lobelia. Ambas especies coevolucionaron en la isla de Hawai.

Síndrome floral

Conjunto de caracteres de las flores destinados a atraer a un tipo particular de polinizador/es.

Forma, tamaño, color de la corola, tipo y cantidad de recompensa, composición química del néctar, horario y época de floración.

Los síndromes son el resultado de evolución convergente en respuesta a similares presiones selectivas.



Los síndromes florales reflejan una evolución convergente que limita los tipos de polinizadores y aumentan la especialización de la planta con respecto a la polinización. Son la respuesta a las presiones selectivas ejercidas por polinizadores compartidos.

Por ejemplo: dos plantas no relacionadas son polinizadas por polillas nocturnas van a desarrollar caracteres semejantes, aquellos rasgos que son más atractivos para tales polinizadores.



Las flores y los polinizadores son fisiológicamente compatibles



Photos by [Jack Dykinga](#); Rob Flynn, [USDA-ARS](#); [Hans Hillewaert](#)

Polinización ENTOMÓFILA

Alianza #2: La mayoría de las angiospermas dependen de los artrópodos para una reproducción exitosa



Nicotiana attenuata polinizada por la polilla de *Manduca sexta*

Image source: [Market wallpapers](#)

La polinización por artrópodos es mutuamente beneficiosa



Los polinizadores son recompensados con néctar o granos de polen ricos en proteínas



Aproximadamente el 84% de los cultivos comerciales dependen de polinizadores, principalmente insectos y abejas

Photo courtesy of [Jeff Pettis](#), ARS.

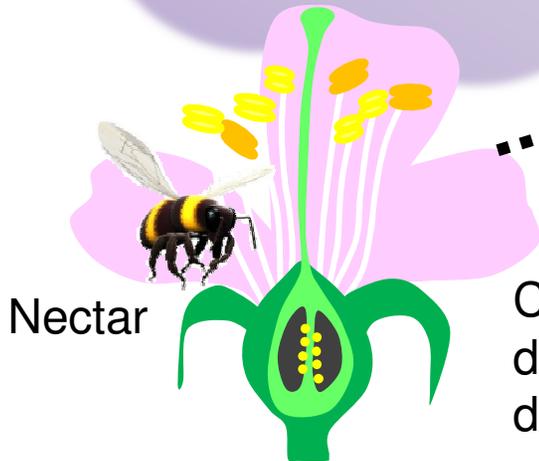
¿Qué señales atraen a los polinizadores?



Señales olfativas:
Compuestos volátiles



Señales visuales -
color, forma,
patrones



Nectar

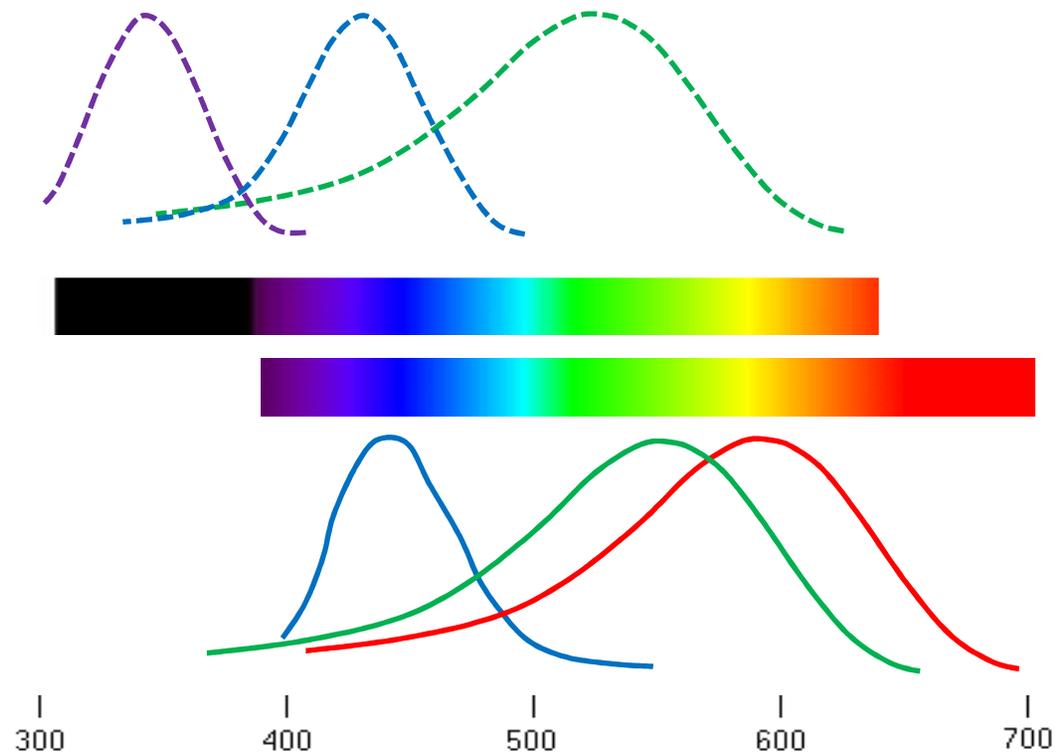
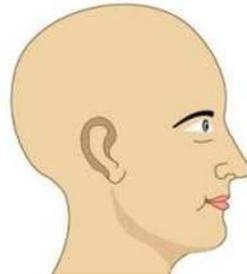
Características de la superficie de los pétalos

El espectro de visión de color de la abeja es diferente al de los humanos

Los fotorreceptores de las abejas son más sensibles al **UV**, **azul** y **verde**



Los fotorreceptores humanos son más sensibles al **azul**, **verde** y **rojo**



Bee spectral sensitivity adapted from Arnold, S., Savolainen, V. and Chittka, L. (2009). Flower colours along an alpine altitude gradient, seen through the eyes of fly and bee pollinators. *Arthropod-Plant Interactions*. 3: [27-43](#).

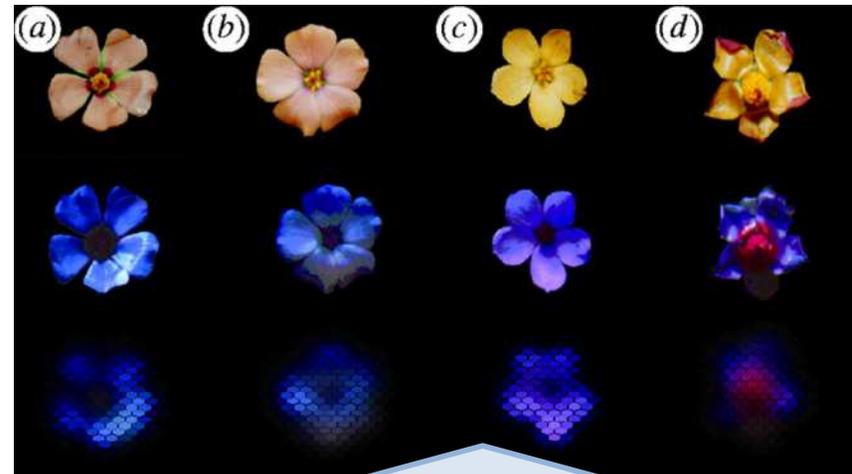
Los pigmentos de las flores reflejan y absorben luz UV que es visible para las abejas



Luz visible



Simulación de la
visión del color de
las abejas



Las abejas también tienen una
resolución espacial más baja
que los humanos (tercera fila)

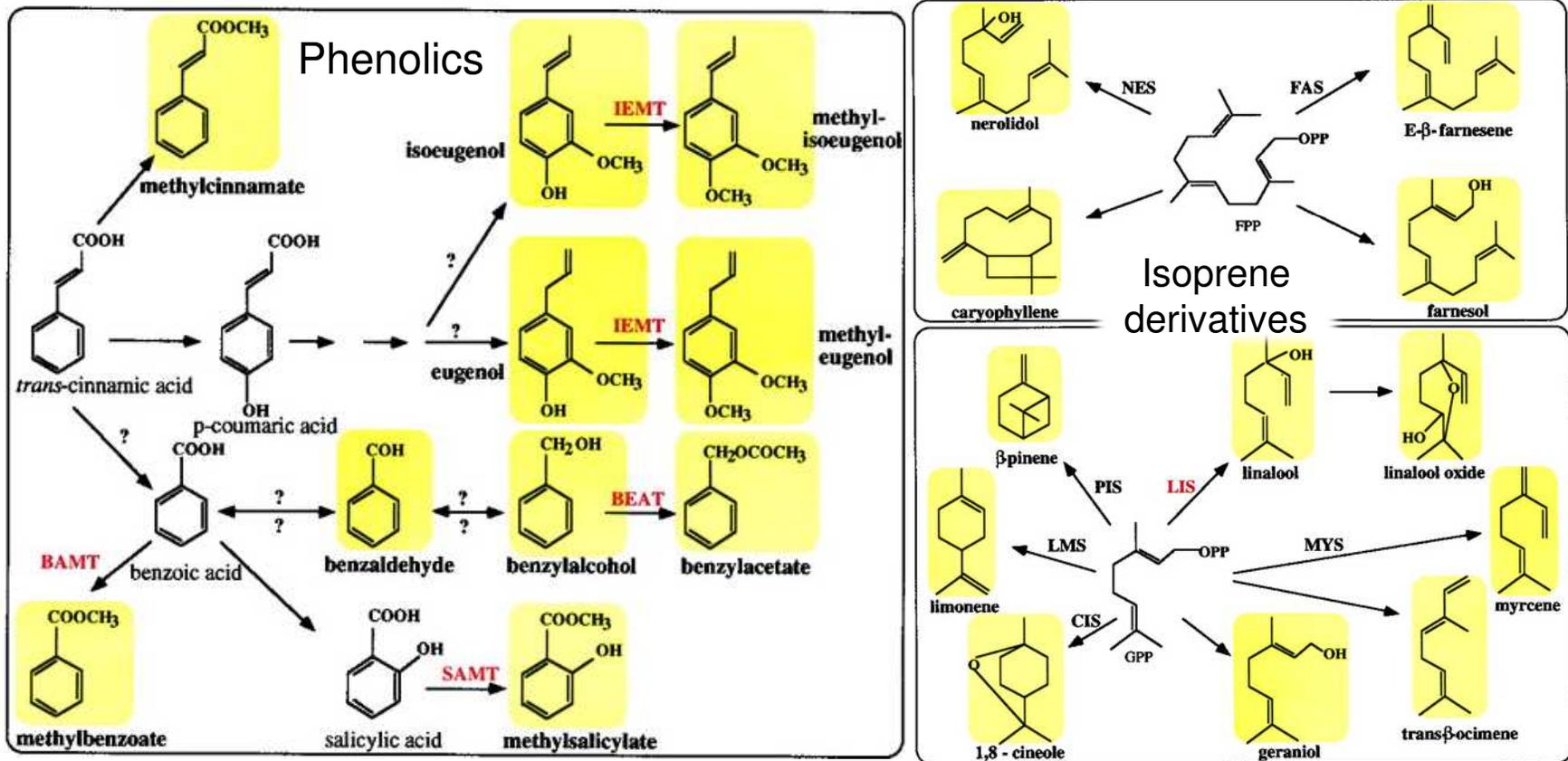
[Images](#) (c) Dr Klaus Schmitt, Weinheim, www.uvir.eu; Benitez-Vieyra, S., de Ibarra, N.H., Wertlen, A.M. and Cocucci, A.A. (2007). How to look like a mallow: evidence of floral mimicry between Turneraceae and Malvaceae. Proc. Roy. Soc. B. 274: [2239-2248](#).

Las flores varían en su aroma, y la producción de aroma está regulada por el desarrollo



Guterman, I., et al. (2002). Rose scent: Genomics approach to discovering novel floral fragrance related genes. *Plant Cell*. 14: [2325-2338](https://doi.org/10.1105/PC.100.000000).

Aunque muchos VOC's son conservados, la mezcla o la fragancia es única

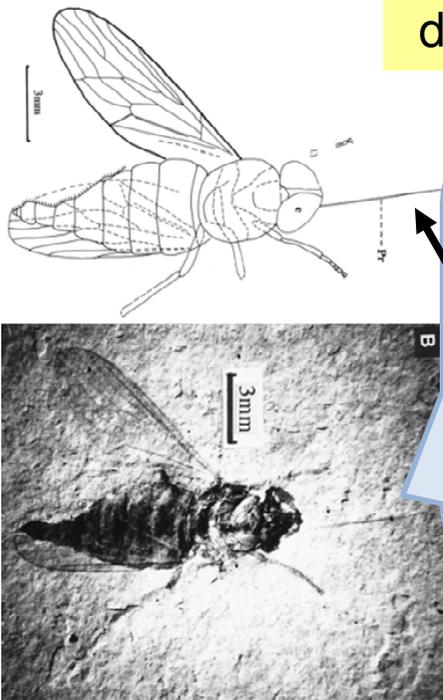


VOC's en amarillo y enzimas en rojo que se expresan en las flores

Dudareva, N. and Pichersky, E. (2000). Biochemical and molecular genetic aspects of floral scents. *Plant Physiology*. 122: [627-634](#).

El néctar floral es atractivo y ofrece una dulce recompensa para los polinizadores

El néctar fue una innovación temprana de las flores y contribuye en el éxito de las angiospermas.



Desde hace 150 millones de años, los insectos ya tenían un aparato bucal para alimentarse de néctar

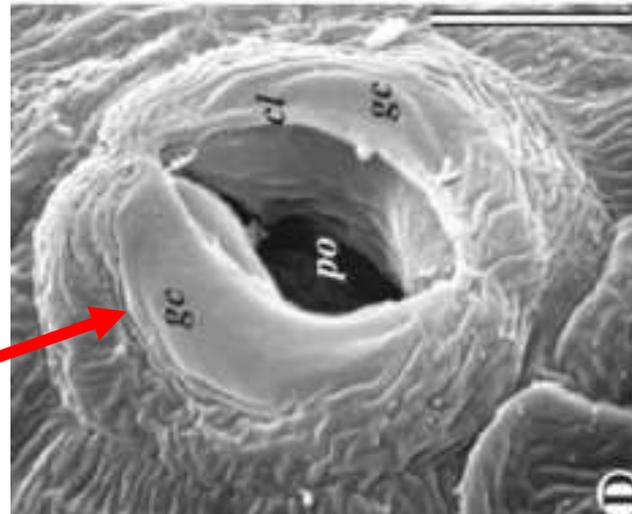
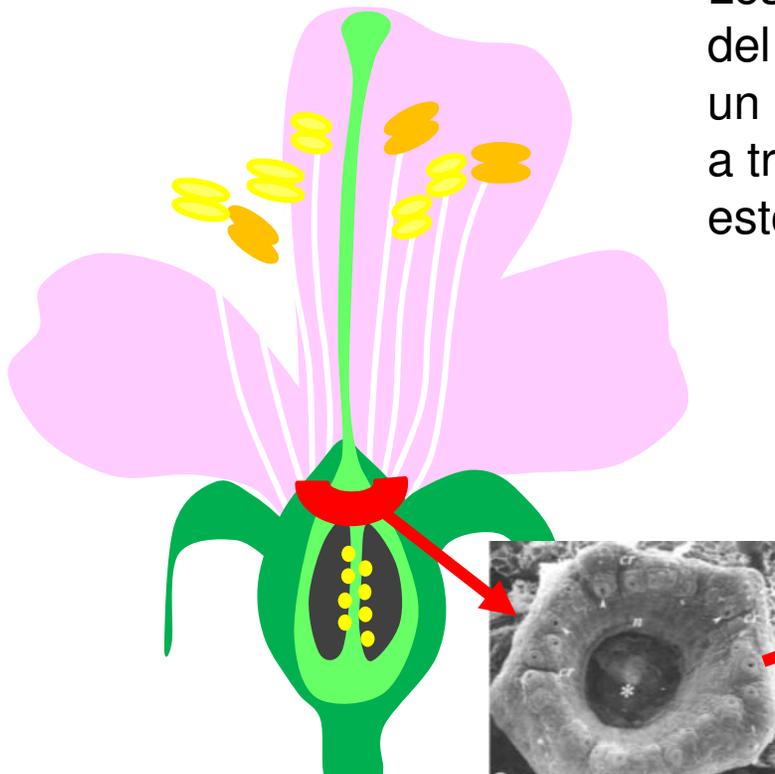


Muchos polinizadores tienen lengua u otras piezas bucales especializadas para beber o libar néctar

Ren, D. (1998). Flower-associated brachycera flies as fossil evidence for jurassic angiosperm origins. *Science* 280: 85-88., reprinted with permission from AAAS; Image by artist [Joseph Scheer](#). [David Cappaert](#), Michigan State University, Bugwood.org

La estructura y posición de los nectarios es muy diversa

Los nectarios se pueden encontrar en la base del ovario, filamentos o pétalos, a menudo como un anillo de tejido. El néctar puede ser secretado a través de tricomas, células epidérmicas o estomas no funcionales.



Wist, T.J., and Davis, A.R. (2006). Floral Nectar Production and Nectary Anatomy and Ultrastructure of *Echinacea purpurea* (Asteraceae). *Ann. Botany* 97: [177-193](#), by permission of Oxford University Press; Heil, M. (2011). Nectar: generation, regulation and ecological functions. *Trends Plant Sci* 16: [191-200](#).

Caso de estudio: ***Antirrhinum*** y **abejorros**

Los recursos genéticos de *Antirrhinum* hacen que sea un excelente organismo experimental para estudios de coevolución planta - polinizador

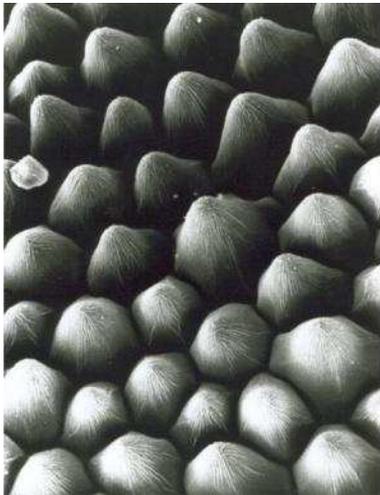
Estos estudios indican que la forma, el color, el patrón, el olor y la disposición de las flores en la inflorescencia están optimizados para la polinización por abejorros pesados de lengua corta



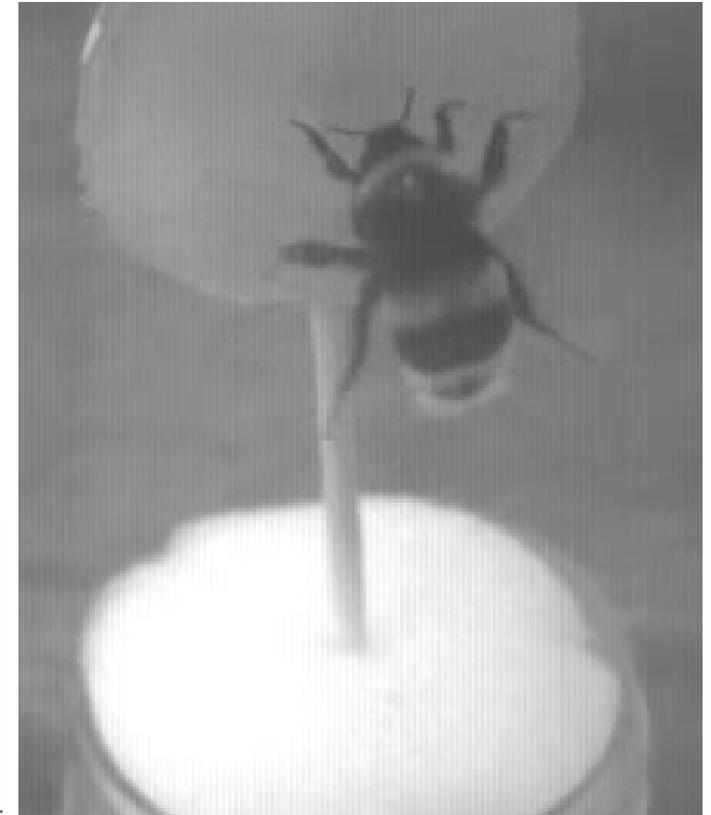
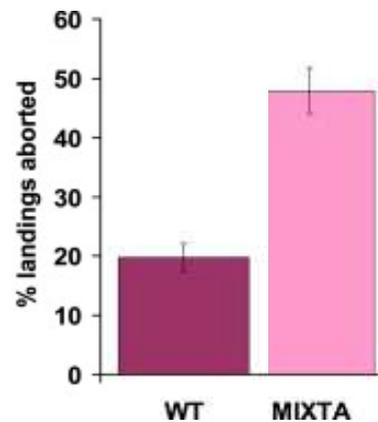
La rugosidad de los pétalos permite a las abejas un mejor agarre

Las abejas necesitan pétalos con una superficie rugosa o áspera para agarrarse - las células lisas del mutante *mixta* causan un aumento de los aterrizajes fallidos ya que las abejas se resbalan y o se deslizan.

WT con células cónicas



Mutante *mixta* con células planas



Reprinted from Whitney, H.M., Chittka, L., Bruce, T.J.A., and Glover, B.J. (2009). Conical epidermal cells allow bees to grip flowers and increase foraging efficiency. *Curr.Biol.* 19: [948-953](#) with permission from Elsevier.

Caso de estudio: Petunia

¿Qué señales florales son las más importantes?



Petunia axillaris



Petunia integrifolia



Petunia exserta

Tres petunias estrechamente relacionadas son polinizadas por polillas, abejas y colibríes

Hoballah, M.E., Gübitz, T., Stuurman, J., Broger, L., Barone, M., Mandel, T., Dell'Olivo, A., Arnold, M., and Kuhlemeier, C. (2007). Single gene-mediated shift in pollinator attraction in petunia. *Plant Cell* 19: [779-790](#); Reprinted from Klahre et al., (2011)

Pollinator choice in petunia depends on two major genetic loci for floral scent production,
Curr. Biol. 21: [730-739](#) with permission from Elsevier.

¿Qué señales florales son las más importantes?



Petunia axillaris



Petunia integrifolia



Petunia exserta

Polilla	Abeja	Colibrí
Pétalos blancos	Pétalos violeta	Pétalos rojos
Fragancia fuerte	Fragancia suave	Fragancia suave
Néctar abundante	Poco néctar	Néctar abundante
Tubeo largo	Tubeo corto	Órganos sexuales exsertos

Hoballah, M.E., Gübitz, T., Stuurman, J., Broger, L., Barone, M., Mandel, T., Dell'Olivo, A., Arnold, M., and Kuhlemeier, C. (2007). Single gene-mediated shift in pollinator attraction in petunia. *Plant Cell* 19: [779-790](#); Reprinted from Klahre et al., (2011) Pollinator choice in petunia depends on two major genetic loci for floral scent production, *Curr. Biol.* 21: [730-739](#) with permission from Elsevier.

Cuando se presentan razgos mezclados ...



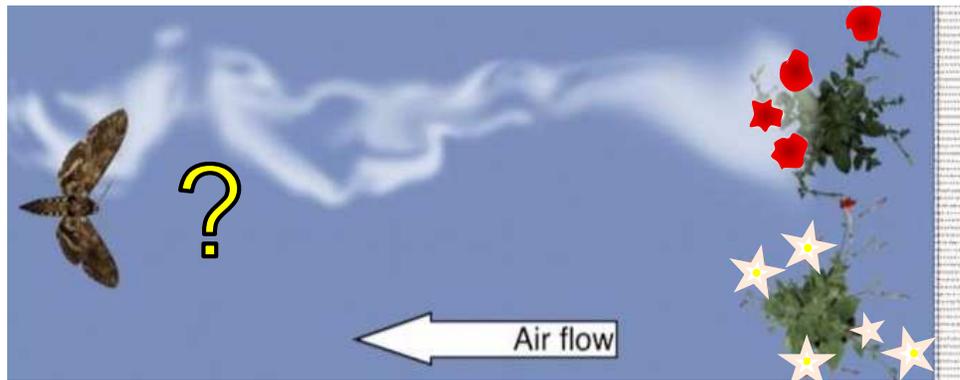
Petunia axillaris



Petunia integrifolia



Petunia exserta



Por ejemplo flores rojas perfumadas versus flores blancas sin perfume, las polillas se confunden y eligen al azar

Hoballah, M.E., Gübitz, T., Stuurman, J., Broger, L., Barone, M., Mandel, T., Dell'Olivo, A., Arnold, M., and Kuhlemeier, C. (2007). Single gene-mediated shift in pollinator attraction in petunia. *Plant Cell* 19: [779-790](#); Reprinted from Klahre et al., (2011) Pollinator choice in petunia depends on two major genetic loci for floral scent production, *Curr. Biol.* 21: [730-739](#) with permission from Elsevier.

Caso de estudio: los higos y las avispas

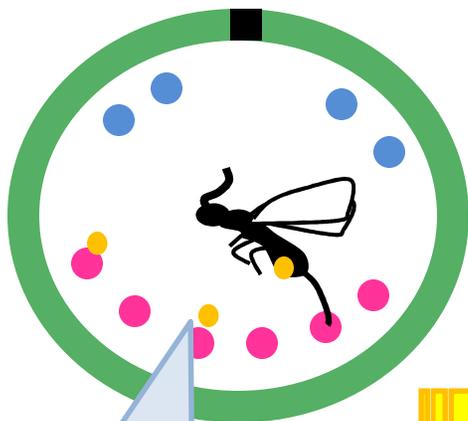
Los higos y las avispas son interdependientes para su reproducción. La mayoría de los higos son polinizados por una sola especie de avispa



Photo credits: [David Karp, Forest & Kim Starr](#), Starr Environmental, Bugwood.org

Los higos poseen una inflorescencia cerrada a la que debe ingresar el polinizador

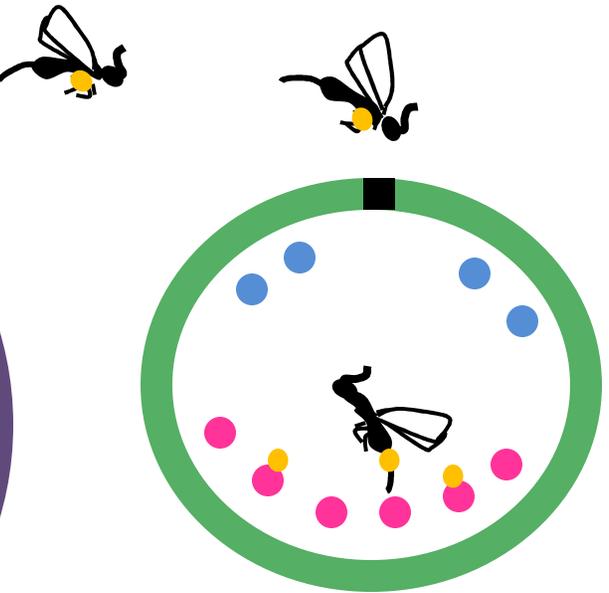
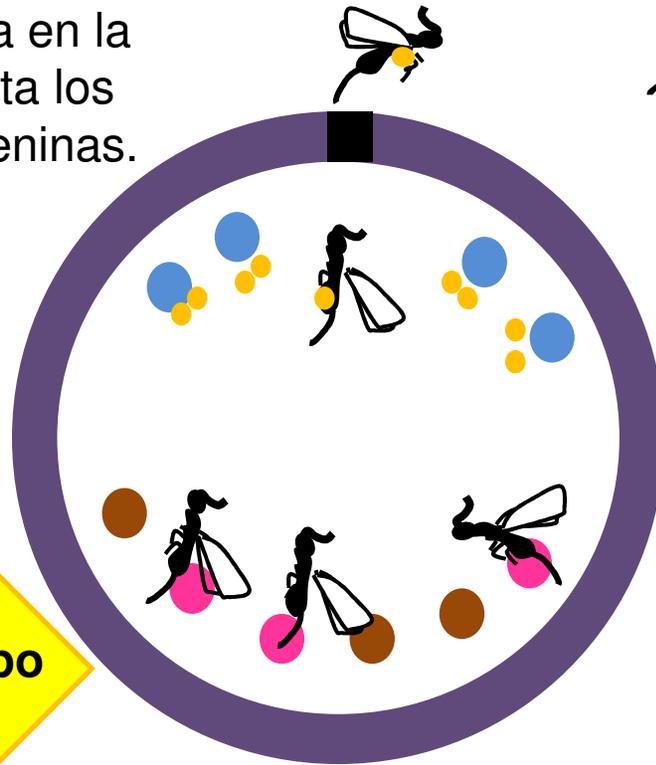
1. La hembra adulta entra en la "fruta" inmadura y deposita los huevos en las flores femeninas.



Flores femeninas dentro de la inflorescencia



2. Los frutos maduros, las avispas eclosionan, recogen polen cuando salen de la infrutescencia (algunas flores producen semillas).



3. Las avispas cargadas de polen entran en los "frutos" inmaduros, fertilizan las flores femeninas y depositan los huevos (y se repite el ciclo.....)

Adapted from Cook, J.M., and Rasplus, J.-Y. (2003). Mutualists with attitude: evolving fig wasps and figs. Trends Ecol. Evol. 18: [241-248](#).

Polinización ENTOMÓFILA

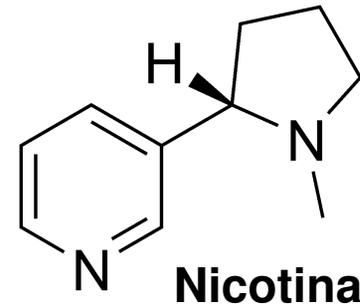
Polinización por mariposas y polillas (Psicofilia y Falenofilia)

Las flores polinizadas por mariposas y polillas, lepidópteros, suelen ser tubulares, adaptadas a la larga lengua de estos. Las flores nocturnas son polinizadas por mariposas nocturnas o polillas así que suelen abrirse y producir néctar y perfume durante la noche o al amanecer y anochecer.



Caso de estudio: *Nicotiana attenuata* y *Manduca sexta*

Manduca es un herbívoro especialista que se alimenta de plantas de *Nicotiana* ya que puede secuestrar y secretar nicotina. A su vez, *Manduca* es el principal polinizador de esta especie.



¿Como equilibra la planta estas dos relaciones?



Manduca sexta

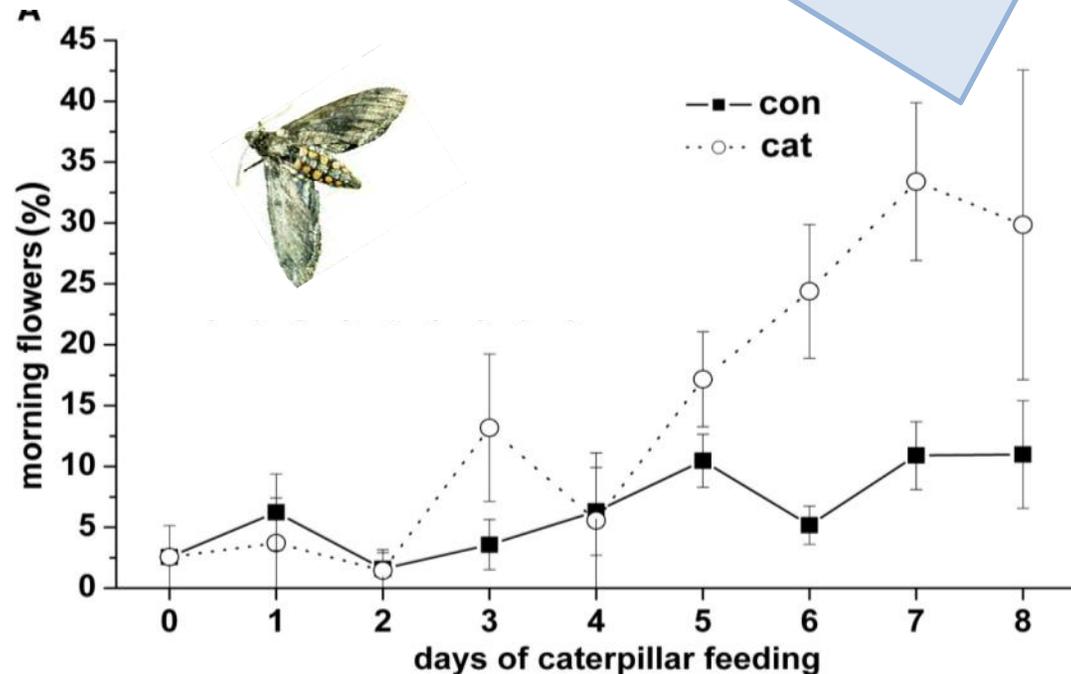


Nicotiana attenuata

El daño severo por herbivoría genera que las flores se abran x la mañana

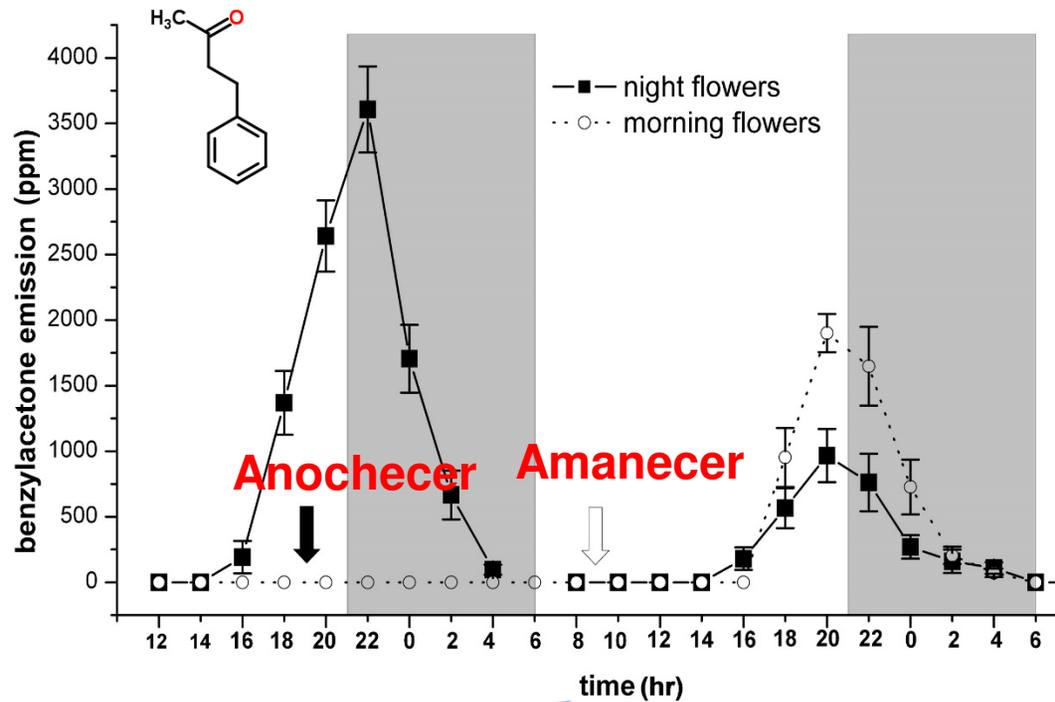
La infestación de orugas lleva a que se abran más flores por la mañana, cuando las polillas no están activas.

Las polillas adultas son nocturnas y las flores se abren normalmente en la noche



Kessler, D., Diezel, C., and Baldwin, I.T. (2010). Changing pollinators as a means of escaping herbivores. *Curr. Biol.* 20: 237-242, reprinted by permission of Elsevier.

Las flores que se abren en la mañana no atraen polillas



Las plantas cambian de polinizador para escapar a la herbivoría.



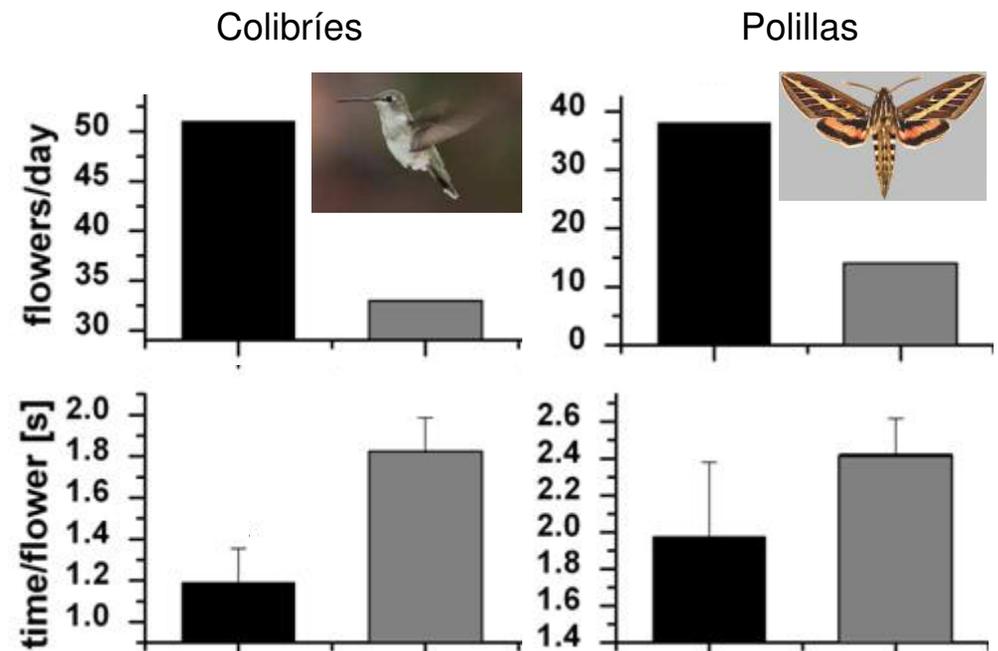
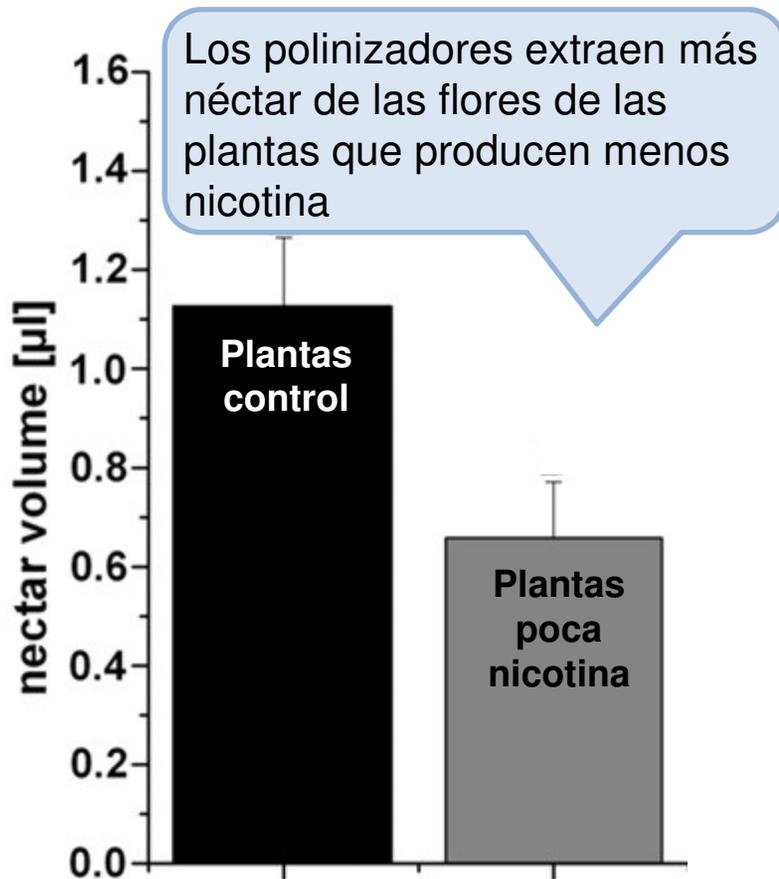
Colibríes oportunistas toman nectar y polinizan las flores abiertas en la mañana

El compuesto atrayente *benzyl acetona* (BA) es producido de noche, cuando las flores se abren en la mañana no emiten este compuesto.

Kessler, D., Diezel, C., and Baldwin, I.T. (2010). Changing pollinators as a means of escaping herbivores. *Curr. Biol.* 20: 237-242, reprinted by permission of Elsevier.

La nicotina incrementa el servicio de polinización con menos producción de néctar

Las plantas que producen nicotina reciben más visitas y más cortas de los polinizadores. Más cortas porque el polinizador sólo puede manejar pequeñas cantidades de nicotina; más porque el polinizador necesita néctar.



Kessler, D., Gase, K. and Baldwin, I.T. (2008). Field experiments with transformed plants reveal the sense of floral scents. *Science*. 321: [1200-1202](#) reprinted by permission of AAAS.

Polinización ENTOMÓFILA

Polinización por moscas (Miofilia y Saprofiliología):

Las flores tienen olor y color a carne podrida y atraen a moscas carroñeras que intentan depositar sus huevos en ellas. Efectúan la polinización sin recibir ningún beneficio (*Stapelia*, *Leontopodium*).



Las flores de los géneros *Huernia* (arriba) y *Rafflesia* (derecha) han coevolucionado con las moscas para su polinización.

Polinización ENTOMÓFILA

Polinización por escarabajos (Cantarofilia)

Los escarabajos no están muy especializados para realizar la polinización. Sus piezas bucales son masticatorias y suelen hacer más daño que beneficio en muchos casos, sin embargo algunas flores de los taxones más primitivos de angiospermas son polinizadas por escarabajos. Por ejemplo: magnolias y nenúfares.



Las plantas son exigentes con los polinizadores que eligen como aliados



Photo courtesy of [David Cappaert](#), Michigan State University, Bugwood.org; Hoballah, M.E., Gübitz, T., Stuurman, J., Broger, L., Barone, M., Mandel, T., Dell'Olivo, A., Arnold, M., and Kuhlemeier, C. (2007). Single gene-mediated shift in pollinator attraction in petunia. *Plant Cell* 19: [779-790](#);

Ventajas de la especialización

Eficiencia de la polinización.

Máximo de polinización con un mínimo de inversión. El néctar es barato, pero el polen es caro. Algunos polinizadores son más eficientes que otros.

Constancia de los polinizadores.

Es esencial que el polinizador retorne repetidamente a la misma clase de flor, de lo contrario el polen termina desperdiciándose en flores de otras especies



Ventajas de la generalización

Los polinizadores fluctúan en su abundancia independientemente de la de las flores. Una planta necesita otros tipos de polinizadores si el que es habitual está ausente.

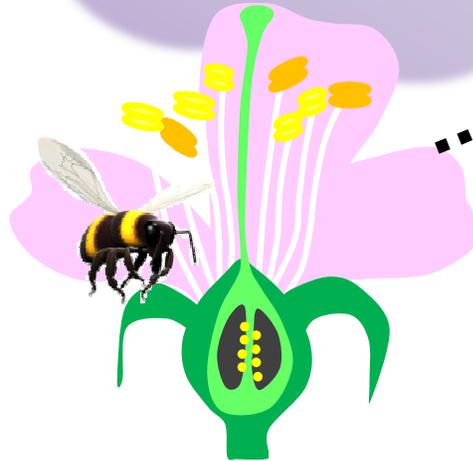


Generalidades

- La mayoría de las flores no corresponde a un tipo particular de polinizador: síndromes florales mixtos
- Muchos polinizadores de diversos grupos taxonómicos pueden realizar una función similar y por lo tanto ejercer presiones selectivas similares en el tipo de flor.
- Los grupos de polinizadores de diversos taxones que visitan flores similares y realizan una función similar constituyen gremios.
- Hay que tener en cuenta la eficiencia de cada polinizador, porque no basta con que sea un visitante frecuente si no es capaz de acarrear polen.

Resumen: interacción Planta-Artrópodos

Néctar –
alimento,
compuestos
atrayentes y
repelentes.



**Señales
olfativas** –
fragancias, otros
VOC's

**Señales
visuales** – color,
forma,
características



Millones de años de evolución son la base del mutualismo entre plantas y polinizadores, y la capacidad de las plantas de protegerse contra los ladrones de néctar y polen.

Polinización ORNITÓFILA

Polinización por aves: Las flores suelen ser grandes, rojas, tener forma tubular y néctar abundante. Especies comunes y más abundantes en los bosques tropicales húmedos.

A diferencia de muchas de las flores polinizadas por insectos, las flores ornitófilas no tienen guías de néctar en la gama del ultravioleta lo que las hace casi invisibles a los insectos que tienen ese tipo de visión (evitan la competencia).

El néctar tiene baja concentración de azúcares (alrededor de 25% en peso) con predominancia de la sacarosa sobre la fructosa y glucosa. En cambio las flores polinizadas por insectos suelen tener concentraciones más altas de azúcar, especialmente de fructosa y glucosa.



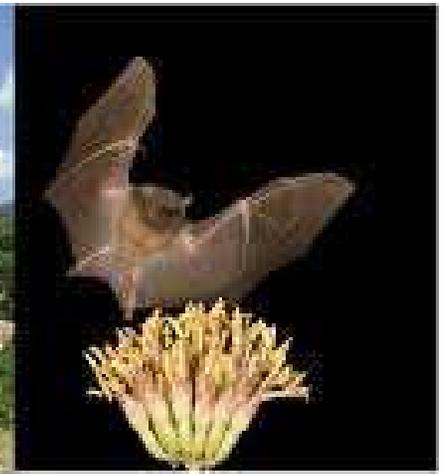
La ubicación del néctar obliga al polinizador a interactuar con los tejidos reproductivos



[Dave Powell](http://Bugwood.org), USDA Forest Service, Bugwood.org

Polinización QUIREPTÓFILA

Polinización por los murciélagos: Las flores polinizadas por murciélagos suelen ser flores nocturnas de color blanco o crema, grandes, con néctar abundante. Muchos cactus son polinizados por murciélagos.



Interacciones

Planta - Animal



Ladrones, tramposos y estafadores



Ladrón: irrumpe el mutualismo sin devolver el favor



Tramposo: se abusa de la honestidad de los de su propia especie



Estafadores: engaña a otras especies para que presten servicios bajo falsos pretextos



La selección natural maximiza el éxito reproductivo y la deshonestidad puede hacer precisamente eso.

Pero, ¿tienen éxito a largo plazo los organismos que roban, hacen trampa y engañan?

Ladrones: roban néctar sin cargar polen

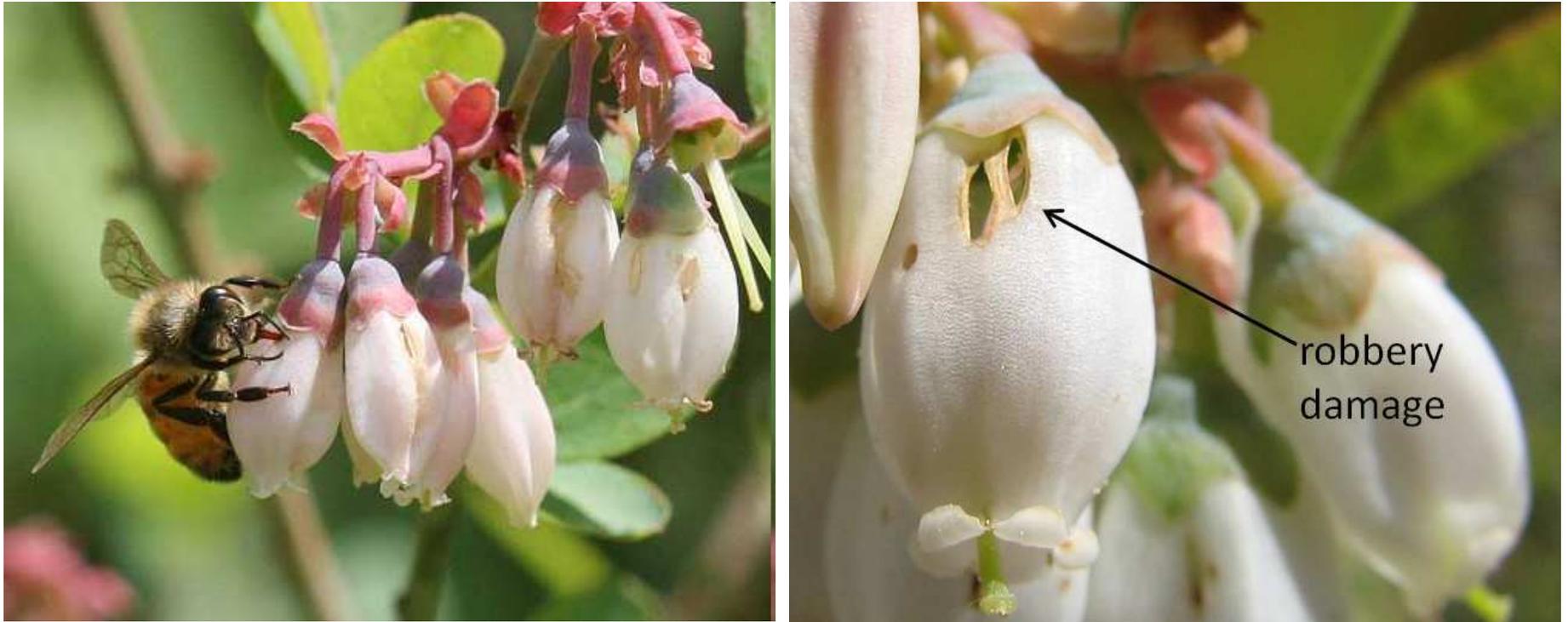
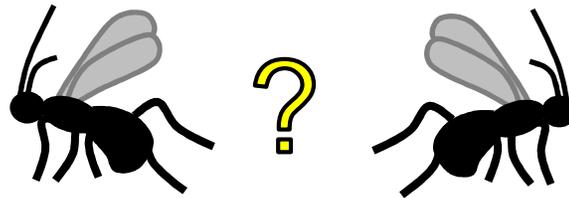


Photo credit: [Debbie Roos](#), North Carolina Agricultural Extension Agent

Tramposos: algunas variedades de repollos producen VOC's en exceso

S.O.S.!



S.O.S.!

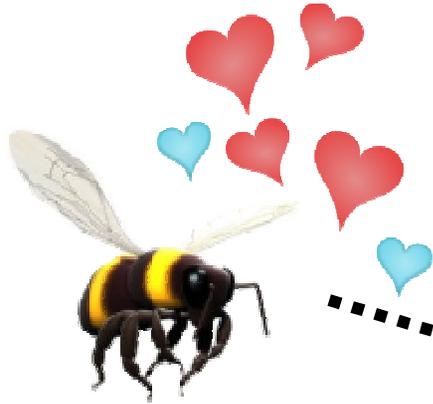


Las plantas que producen grandes cantidades de volátiles bajo baja presión herbívora ganan en el corto plazo pero socavan la alianza entre la planta y el carnívoro



Shiojiri, K., Ozawa, R., Kugimiya, S., Uefune, M., van Wijk, M., Sabelis, M.W. and Takabayashi, J. (2010). Herbivore-specific, density-dependent induction of plant volatiles: Honest or "Cry wolf" signals? PLoS ONE. 5: [e12161](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0121611).

Estafadores - ¿Por qué esta flor parece una abeja hembra?



Muchas orquídeas han desarrollado similitudes con artrópodos hembras, para atraer las visitas de los machos. Algunos también emiten los atrayentes químicos de la hembra. Para cuando los machos se dan cuenta de su error, ya han entregado o recogido el polen.

Planta 1 - Polinizador 0

Image courtesy [Hans Hillewaert](#)

La fragancias también pueden ser engañosas



Muchas orquídeas producen feromonas femeninas y son fertilizadas por engaño sexual

Howard, D.F., Blum, M.S., and Fales, H.M. (1983). Defense in thrips: Forbidding fruitiness of a lactone. *Science* 220: [335-336](#) with permission from AAAS; Ômura, H., Honda, K., and Hayashi, N. (2000). Floral scent of *Osmanthus fragrans* discourages foraging behavior of cabbage butterfly, *Pieris rapae*. *J. Chem. Ecol.* 26: [655-666](#); Reprinted by permission from Macmillan Publishers Ltd. Ledford, H. (2007) *Plant biology: The flower of seduction*. *Nature* 445: [816-817](#).

Resumen:

- Las alianzas son tenues.
- Los organismos actúan por su propio interés y son el producto de la selección para incrementar el fitness reproductivo.
- Cuando las especies se usan unas a otras, surgen oportunidades para robar, hacer trampa y/o engañar.
- A medida que la honestidad se vuelve más rara, la ventaja de la deshonestidad disminuye.
- Muchos artrópodos pueden aprender; lo que evitará la deshonestidad en las plantas.
- Hacer trampa y engañar pueden surgir y desaparecer con el tiempo.

