

Microbios del néctar: los aliados ocultos que conectan plantas y animales

“Los microbios han permanecido durante mucho tiempo como miembros silenciosos en las interacciones entre plantas y animales.”



Sergio Quevedo-Caraballo¹, Clara de Vega², Bart Lievens³, Sergio Álvarez-Pérez⁴

¹ Centro de Astrobiología (CAB, INTA-CSIC), 28850 Torrejón de Ardoz, España.

² Departamento de Biología Vegetal y Ecología, Facultad de Farmacia, Universidad de Sevilla, 41012 Sevilla, España.

³ Laboratorio de Ecología Microbiana de Procesos y Gestión Bioinspiracional (PME&BIM), Departamento de Sistemas Microbianos y Moleculares, KU Leuven, B-3001 Lovaina, Bélgica.

⁴ Departamento de Biología y Geología, Física y Química Inorgánica, Universidad Rey Juan Carlos, 28933 Móstoles, España.

El Microbioma del Néctar Floral

Argumentación

¡Las flores son más que simplemente bonitas! Son fascinantes mundos secretos. En su interior, pueden vivir multitud de diminutas criaturas vivas, llamadas microbios. Uno de los lugares más asombrosos es el néctar, el líquido dulce que secretan los nectarios florales y que las flores producen para atraer polinizadores como abejas, mariposas, colibríes, murciélagos e ¡incluso lagartijas! Pero el néctar no es un lugar fácil para que los microbios vivan. Está lleno de azúcar (lo que dificulta la vida porque absorbe agua), tiene muy pocos nutrientes como los aminoácidos, y a veces la planta añade sustancias químicas tóxicas para mantener alejados a los intrusos. Aun así, algunas levaduras y bacterias son lo suficientemente inteligentes como para sobrevivir allí.

Los microbios del néctar se encuentran en todos los continentes, desde las flores de tu jardín hasta los bosques tropicales, desde las altas montañas hasta las zonas costeras. Los microbios también pueden estar presentes en otras partes de la flor además del néctar (por ejemplo, en los pétalos, sépalos, estambres, estigmas, estilos, ovarios y polen; *Figura 1*), pero esto se ha estudiado con mucho menos detalle y no se abordará en este capítulo.

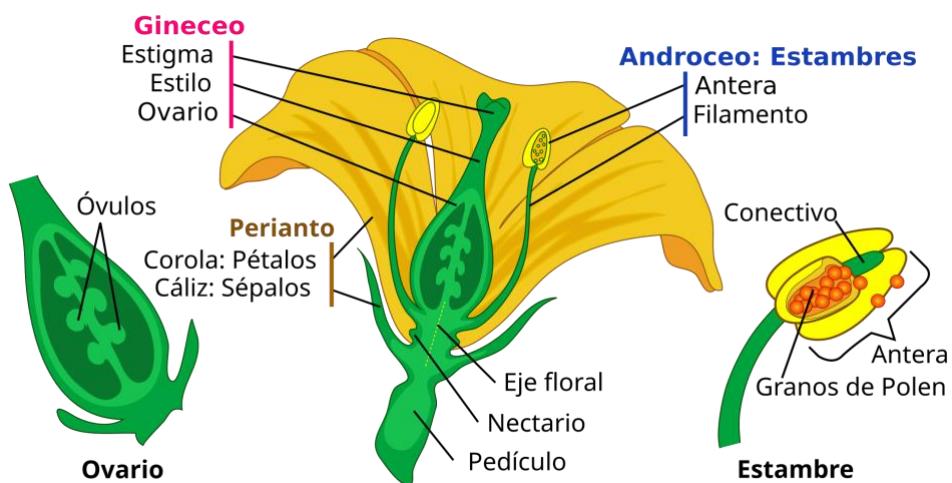


Figura 1: Partes de una flor típica (fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/Flor>).

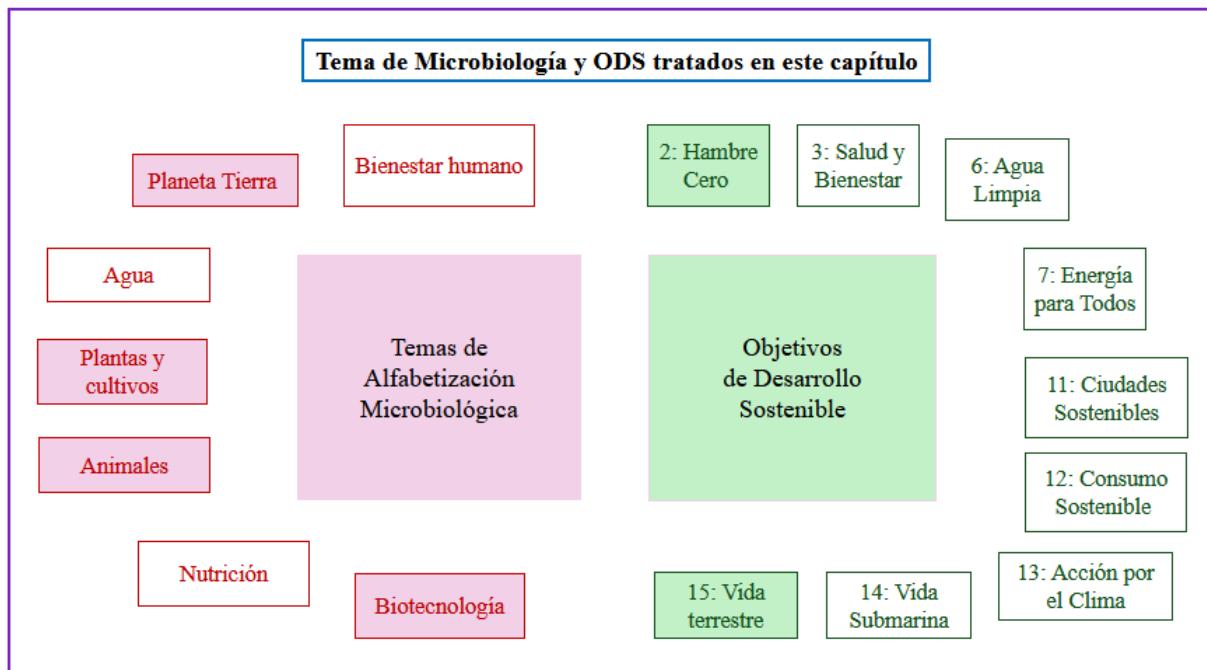
Aunque se supone que el néctar está limpio (estéril) cuando la flor se abre por primera vez, esta dulce secreción a menudo es rápidamente colonizada por microbios, a veces alcanzando densidades celulares extremadamente altas (hasta un millón de células por milímetro cúbico (células/mm^3) en el caso de levaduras y diez millones de células/ mm^3 en el caso de bacterias). Como resultado, el néctar floral se convierte a menudo en una sopa espesa y azucarada de microorganismos que las plantas ofrecen a los insectos polinizadores y otros visitantes florales.

Evidencias recientes sugieren que este sistema tripartito (planta-microbio-animal) podría ser de gran importancia ecológica, ya que podría contribuir al éxito de la polinización de una amplia variedad de plantas y a su **eficacia biológica** y a la de los polinizadores. Además, existe un

Un marco de educación en microbiología centrado en el alumno

creciente interés en el uso de los microbios del néctar en diversas aplicaciones agrícolas sostenibles, como el control biológico de plagas y la mejora de la polinización, así como en la investigación ecológica.

La Microbiología y el Contexto Social



Microbiología: microbios asociados a plantas y animales; ecología microbiana. **Contexto:** polinización floral; interacciones planta-animal. **Cuestiones de sostenibilidad:** uso de microbios del néctar en el control biológico de plagas y la mejora de la polinización; reducción del uso de agroquímicos tóxicos; potencial biotecnológico.

El Sistema Planta-Microbio del Néctar-Animal

1. ¿Cómo llegan los microbios al néctar floral?

Los microbios que habitan el néctar provienen de diversas fuentes, entre ellas:

- ✓ el medio ambiente, como el aire circundante y las gotas de lluvia;
- ✓ superficies de las plantas, especialmente la superficie de las hojas y otras partes florales;
- ✓ pero PRINCIPALMENTE el cuerpo (generalmente las piezas bucales) de los polinizadores y otros animales que visitan las flores (por ejemplo, los **ladrones de néctar**, que se alimentan del néctar a través de agujeros hechos en las corolas de las flores, en lugar de entrar por sus aberturas naturales; de esta manera, obtienen el néctar azucarado sin polinizar la flor).

Dependiendo de su origen, los microbios que llegan al néctar floral se clasifican a menudo en dos grupos distintos:

Un marco de educación en microbiología centrado en el alumno

- i. **generalistas de hábitat:** microbios que se originan en diferentes fuentes ambientales, no muestran adaptaciones específicas a las condiciones del néctar y aparecen en bajas densidades;
- ii. **especialistas del néctar:** especies microbianas que se dispersan principalmente de flor en flor gracias a los visitantes animales (principalmente insectos, pero también colibríes y otros animales) y suelen mostrar niveles mucho más altos de especialización para vivir y sobrevivir en el néctar de las flores. Suelen ejercer una fuerte influencia sobre las propiedades del néctar.

2. ¿Qué hacen los microbios en el néctar floral?

Los microbios pueden modificar la composición química del néctar floral de diversas maneras. Por ejemplo, consumen los azúcares y aminoácidos del néctar, alterando su composición y balance nutritivo y, con ello, influye en el comportamiento de los polinizadores al buscar alimento. Además, pueden reducir el pH del néctar y convertirlo en una solución ácida, alterando su sabor e inhibiendo el crecimiento de otros microorganismos. La actividad microbiana en el néctar también puede provocar que las flores aumenten su temperatura interna. Finalmente, los microorganismos del néctar también pueden alterar el aroma floral al liberar una amplia variedad de **compuestos orgánicos volátiles** (COV), perceptibles por los insectos y otros animales.

3. ¿Cómo interactúan los microbios del néctar con los animales que visitan las flores?

Los animales pueden detectar la presencia de microbios en las flores a través de diferentes señales, como por ejemplo los COVs, el sabor del néctar o incluso su temperatura. En respuesta, adaptan su comportamiento de búsqueda de alimento. Por tanto, los cambios en la composición química del néctar mediados por microbios pueden aumentar o disminuir, según el caso, el atractivo de las flores para los polinizadores y otros animales florícolas.

Los microbios del néctar son transportados de flor en flor por polinizadores y otros visitantes florales, y algunos insectos pueden incluso servir como lugar de hibernación para los especialistas en néctar entre temporadas de floración consecutivas. Algunos de estos microbios viven simbióticamente dentro del insecto y se refugian en su intestino. A cambio, estos microbios asociados a los insectos parecen desempeñar un papel importante en la fisiología y nutrición del insecto huésped de diferentes maneras, por ejemplo:

- a) proporcionando enzimas digestivas y nutrientes esenciales que los insectos no pueden producir por sí mismos;
- b) participando en la desintoxicación de metabolitos vegetales tóxicos presentes en su dieta;
- c) produciendo antibióticos o cambiando las propiedades fisicoquímicas del néctar para impedir el crecimiento de otros microbios que actúan como patógenos de insectos.

4. ¿Cómo interactúan los microbios del néctar con las plantas?

La forma en que los microbios del néctar afectan a las plantas aún no está totalmente clara. Diversos estudios indican que depende tanto de la especie vegetal como del tipo de microbio y del polinizador asociado. Si bien se ha demostrado que algunas plantas producen más frutos y

Un marco de educación en microbiología centrado en el alumno

semillas cuando su néctar está colonizado por levaduras o bacterias, otras plantas no parecen verse afectadas, e incluso hay especies vegetales para las que la presencia de microbios en el néctar puede ser perjudicial. Tampoco está claro cómo las plantas distinguen entre microbios benignos o del néctar, que no causan daño alguno, y microorganismos patógenos que utilizan los nectarios como puerta de entrada para invadir otros tejidos vegetales. El estudio de los microbios del néctar y su papel en la vida de las plantas es relativamente nuevo, y aún queda mucho por descubrir sobre este fascinante mundo oculto.

5. ¿Cómo interactúan los microbios del néctar entre sí?

Diferentes especies microbianas del néctar pueden interactuar entre sí de múltiples maneras, incluyendo:

- a) competencia por los nutrientes del néctar;
- b) interacciones nutricionales positivas, como el intercambio de metabolitos entre diferentes especies microbianas (**alimentación cruzada**);
- c) modificación del hábitat, debido a los cambios en la química del néctar producidos por microbios, que, según el caso, podrían prevenir o facilitar el crecimiento de otras especies;
- d) **antibiosis**, un tipo especial de modificación del hábitat en el que algunos microbios liberan metabolitos tóxicos o componentes celulares que inhiben o previenen el crecimiento de otros microbios.

Además, es fundamental considerar que el orden de llegada y la abundancia inicial de cada especie microbiana en el néctar floral pueden afectar, positiva o negativamente, al crecimiento de otras especies que llegan posteriormente. Existen evidencias contundentes que demuestran que los llamados “**efectos de prioridad**” (en los que el orden y el momento de llegada de los microbios influyen significativamente en quiénes pueden establecerse posteriormente) constituyen un factor clave que configura las comunidades microbianas del néctar.

Microbios del Néctar y su uso en Agricultura Sostenible y Biotecnología

1. ¿Cómo se pueden utilizar los microbios del néctar en la agricultura sostenible?

Los microbios del néctar se pueden utilizar en la agricultura sostenible al menos de dos maneras:

- Para desarrollar alternativas no tóxicas al control químico tradicional de plagas.

Los microorganismos pueden alterar el aroma del néctar floral, lo que, a su vez, puede prevenir la llegada de insectos plaga a las plantas y/o atraer a sus enemigos naturales. Además, se ha propuesto el uso de microbios del néctar en el control biológico de otros microorganismos que causan enfermedades a las plantas (es decir, bacterias y hongos patógenos, y otros fitopatógenos).

Un marco de educación en microbiología centrado en el alumno

- Para mejorar la polinización de las principales plantas cultivadas.

Existen estudios que indican que la presencia de ciertas especies microbianas en el néctar floral de cultivos específicos, como el peral y el almendro, puede permitir un mayor número de visitas de polinizadores, lo que a su vez se traduce en una mayor producción de frutos y semillas. Así pues, existe un creciente interés en el uso de microbios del néctar para mejorar la polinización en los principales cultivos.

2. ¿Tienen los microbios del néctar algún interés biotecnológico?

Sí, los microbios del néctar tienen un potencial biotecnológico aún inexplorado. Por ejemplo, los azúcares naturales del néctar floral son descompuestos por estos microbios, produciendo etanol y otros alcoholes que podrían utilizarse como **biocombustibles** si los procesos fuesen llevados a cabo en **bioreactores**. Además, algunas levaduras del néctar podrían utilizarse para obtener sabores específicos en la cerveza y otros alimentos y bebidas fermentadas, y la amplia variedad de COV producidos por los microbios del néctar podría explotarse en diversas industrias.

3. ¿Qué factores obstaculizan el uso de microbios del néctar en la agricultura sostenible y la biotecnología?

El uso exitoso de los microbios del néctar en la agricultura y la biotecnología depende de múltiples factores que determinan su óptimo crecimiento y rendimiento tanto en el campo como en condiciones industriales. Al fin y al cabo, este es un campo de investigación muy reciente y aún quedan muchos experimentos por realizar antes de que estos microbios puedan ser útiles para fines humanos. Además, la liberación de microbios del néctar en el campo (por ejemplo, para el control de plagas y la mejora de la polinización) plantea varios problemas ecológicos y éticos, que incluyen los posibles efectos secundarios sobre insectos no diana (es decir, aquellos que no se consideran plagas), como la modificación de su microbiota normal y/o la alteración de sus preferencias alimenticias.

Microbios del Néctar en la Investigación Ecológica

1. ¿Se pueden utilizar los microbios en la investigación ecológica?

¡Claro que sí! Si bien gran parte del conocimiento actual sobre el ensamblaje de comunidades y otros temas ecológicos se ha adquirido mediante el estudio de diversos “macroorganismos”, principalmente animales y plantas, en los últimos años se ha destacado el gran potencial de los microorganismos como sistema modelo para la enseñanza y la investigación en ecología.

2. ¿Qué características de los microorganismos del néctar los hacen adecuados para la investigación ecológica?

Cuando las flores se abren, el néctar, inicialmente estéril, es rápidamente colonizado por diversas especies de levaduras y bacterias. La mayoría de estos microorganismos forman parte de la microbiota natural de insectos y otros visitantes florales, que son los responsables de dispersar

Un marco de educación en microbiología centrado en el alumno

las comunidades microbianas del néctar. Además, las flores duran poco tiempo (desde unas pocas horas hasta unos días), su néctar puede variar mucho en su composición química y las plantas suelen estar dispersas de forma irregular en sus hábitats naturales. Todo esto hace que los sistemas flor-néctar sean muy dinámicos y en constante cambio.

El néctar es objeto de estudio para entender un hábitat poco explorado donde se están descubriendo decenas de nuevas especies microbianas. El estudio de estas comunidades microbianas permite analizar el papel del néctar como **filtro ambiental** y proporciona información relevante sobre cómo la competencia y las **sinergias** determinan la distribución espaciotemporal de los microorganismos. Las comunidades microbianas del néctar floral presentan cualidades muy adecuadas para la investigación ecológica debido a los cortos **tiempos de generación** de la mayoría de sus miembros, su relativa simplicidad en comparación con otros microbiomas naturales (por ejemplo, la **rizosfera**) y su organización en una **estructura jerárquica** bien definida de complejidad creciente (nectarios dentro de las flores, flores dentro de plantas individuales, plantas dentro de poblaciones, etc.), lo que permite enfoques **multiescala**.

3. ¿Qué tipos de cuestiones ecológicas se pueden abordar utilizando microbios del néctar?

Todas las características mencionadas anteriormente han despertado el interés en utilizar la microbiota del néctar floral como un sistema modelo para el estudio y la enseñanza de varios temas de ecología, como la ecología de la polinización, las interacciones entre especies, la ecología de comunidades, el funcionamiento de los ecosistemas, la **dispersión**, la **exclusión competitiva**, la **contingencia histórica** y la **dinámica de metacomunidades** (ecología insular) (*Figura 2*).

Un marco de educación en microbiología centrado en el alumno



Figura 2: Algunas de las principales cuestiones ecológicas se pueden abordar utilizando microbios del néctar (fuente: producción propia, utilizando herramientas de inteligencia artificial con Microsoft Copilot).

Actividades de participación del alumnado:

1. Creando un campo de flores artificiales

- Actividad: Pide a los estudiantes que vayan al campo y recolecten néctar (por ejemplo, con un capilar de vidrio o la punta de una pipeta) de flores de diferentes especies de plantas. Luego, los estudiantes deberán examinar las gotas de néctar bajo el microscopio, a un aumento de $\times 400$ o más, preferiblemente después de teñir las muestras con azul de metileno, azul de algodón lactofenol al 30% u otro colorante. Finalmente, los alumnos dibujarán los diferentes tipos de microbios que observen (las formas son muy diversas, esféricas, formando cadenas a modo de rosarios o formando “aviones”).
- Otras tareas posibles:

Un marco de educación en microbiología centrado en el alumno

- Los estudiantes pueden comparar la diversidad microbiana que observen en muestras de néctar de flores recién abiertas frente a flores más viejas.
- Algunas muestras de néctar podrían colocarse en agua azucarada (por ejemplo, 1,5 g de azúcar de mesa (sacarosa) en 10 mililitros de agua). Después de dos o más días, los estudiantes deben observar el olor a fermentación de las muestras en comparación con un grupo de muestras control sin inocular (es decir, sin ningún microbio del néctar) que no deberían oler a nada.
- Objetivo: Esta actividad refuerza los conceptos de colonización microbiana del néctar floral, diversidad microbiana y producción de COV.

2. Proyecto de investigación sobre microbios del néctar

- Actividad: Asigna a los estudiantes un proyecto de investigación sobre uno de los siguientes temas:
 - competición entre especies
 - **mutualismo**
 - colonización de **hábitats de tipo insular**
 - impacto del uso de fungicidas en la eliminación de microbios del néctar (pérdida de biodiversidad)
 - interacciones potenciales entre levaduras y bacterias del néctar

Deberán proponer una teoría relacionada con el tema propuesto y diseñar un experimento para probarla utilizando microbios del néctar.

- Objetivo: Esta actividad mejora las habilidades de investigación y escritura de los estudiantes al tiempo que amplía su comprensión de diversos procesos ecológicos.

3. Análisis de estudios de caso

- Actividad: Divide a los estudiantes en grupos y asigna a cada grupo un estudio de caso sobre: i) una granja que utiliza microbios del néctar para prevenir plagas en los cultivos; o ii) una granja que utiliza enfoques químicos para el control de plagas.
- Tarea: Cada grupo debe identificar los desafíos a los que se enfrentó la granja, las técnicas que utilizaron para superarlos y los posibles resultados (beneficios, impacto ambiental, etc.). Posteriormente, los estudiantes presentarán sus hallazgos a la clase.
- Objetivo: Esta actividad fomenta el pensamiento crítico sobre la aplicación en el mundo real de los microbios del néctar y cómo pueden contribuir a la protección del medio ambiente y la seguridad alimentaria.

Un marco de educación en microbiología centrado en el alumno

didácticas

Materiales de lectura adicional

I. Sistema planta-microbios del néctar-animal

- Aleklett, K., Hart, M., Shade, A. (2014). “The microbial ecology of flowers: an emerging frontier in phyllosphere research.” *Botany*, 92, 253-266.
- Álvarez-Pérez, S., Lievens, B., Fukami, T. (2019). “Yeast-bacterium interactions: the next frontier in nectar research.” *Trends in Plant Science*, 24(5), 393-401.
- Barberis, M., Nepi, M., & Galloni, M. (2024). “Floral nectar: fifty years of new ecological perspectives beyond pollinator reward.” *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 62, 125764.
- Chappell, C. R., & Fukami, T. (2018). “Nectar yeasts: a natural microcosm for ecology.” *Yeast*, 35, 417-423.
- Jacquemyn, H., Pozo, M. I., Álvarez-Pérez, S., Lievens, B., & Fukami, T. (2021). “Yeast-nectar interactions: metacommunities and effects on pollinators.” *Current Opinion in Insect Science*, 44, 35-40.
- Klaps, J., Lievens, B., & Álvarez-Pérez, S. (2020). “Towards a better understanding of the role of nectar-inhabiting yeasts in plant-animal interactions.” *Fungal Biology and Biotechnology*, 7, 1.
- Lignon, V. A., Mas, F., Jones, E. E., Kaiser, C., & Dhami, M. K. (2025). “The floral interface: a playground for interactions between insect pollinators, microbes, and plants.” *New Zealand Journal of Zoology*, 52, 218-237.
- Martin, V. N., Schaeffer, R. N., & Fukami, T. (2022). Potential effects of nectar microbes on pollinator health. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 377, 20210155.
- Pozo, M. I., Lievens, B., & Jacquemyn, H. (2015). “Impact of microorganisms on nectar chemistry, pollinator attraction and plant fitness.” En: Peck, R. L. (ed.) *Nectar: production, chemical composition and benefits to animals and plants*. New York, NY, USA: Nova Science, 1-40.
- Quevedo-Caraballo, S., & Álvarez-Pérez, S. (2025). “The role of phenotypic plasticity and within-environment trait variability in the assembly of the nectar microbiome and plant-microbe-animal interactions.” *Ecology and Evolution*, 15(3), e71059.
- Quevedo-Caraballo, S., de Vega, C., Lievens, B., Fukami, T., & Álvarez-Pérez, S. (2025). “Tiny but mighty? Overview of a decade of research on nectar bacteria.” *New Phytologist*, 245(5), 1897-1910.
- Steffan, S. A., Dharampal, P. S., Kueneman, J. G., Keller, A., Argueta-Guzmán, M. P., McFrederick, Q. S., Buchmann, S. L., Vannette, R. L., Edlund, A. F., Mezera, C. C., Amon, N., & Danforth, B. N. (2024). “Microbes, the ‘silent third partners’ of bee-angiosperm mutualisms.” *Trends in Ecology and Evolution*, 3, 65-77.
- Vannette, R. L. (2020). “The floral microbiome: plant, pollinator, and microbial

Un marco de educación en microbiología centrado en el alumno

perspectives." *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 51, 363-386.

2. Utilización de microbios del néctar en la agricultura sostenible y la biotecnología

- Álvarez-Pérez, S., Lievens, B., & de Vega, C. (2024). "Floral nectar and honeydew microbial diversity and their role in biocontrol of insect pests and pollination." *Current Opinion in Insect Science*, 61, 101138.
- Cusumano, A., & Lievens, B. (2023). "Microbe-mediated alterations in floral nectar: consequences for insect parasitoids." *Current Opinion in Insect Science*, 60, 101116.
- Fenner, E. D., Scapini, T., da Costa Diniz, M., Giehl, A., Treichel, H., Álvarez-Pérez, S., & Alves, S. L. Jr. (2022). "Nature's most fruitful threesome: the relationship between yeasts, insects, and angiosperms." *Journal of Fungi*, 8, 894.

Materiales didácticos

1. Artículos:

- Fukami, T. (2013). "Integrating inquiry-based teaching with faculty research." *Science*, 339, 1536-1537.
- Kloser, M. J., Brownell, S. E., Chiariello, N. R., & Fukami, T. (2011). "Integrating teaching and research in undergraduate biology laboratory education." *PLOS Biology*, 9, e1001174.
- Kloser, M. J., Brownell, S. E., Shavelson, R. J., & Fukami, T. (2013). "Effects of a research-based ecology lab course: a study of non-volunteer achievement, self-confidence and perception of lab course purpose." *Journal of College Science Teaching*, 42, 90-99.

2. Vídeos (en inglés):

- Chappell, C. R. (2017). "Historical Contingency in the Fukami Lab": 2-min video on the use of floral nectar microbes to address historical contingency and other ecological questions. Enlace a YouTube: https://youtu.be/_3YXz5-MOkg?feature=shared (último acceso: 22 de julio de 2025).
- Hebert T., & Fukami, T. (2023). "Anna's hummingbird visiting artificial flowers at Jasper Ridge Biological Preserve": 20-second video of Anna's hummingbird (*Calypte anna*) visiting artificial flowers filled with artificial nectar at Stanford University's Jasper Ridge Biological Preserve ('Ootchamin 'Ooyakma) (Stanford, CA, USA). Enlace a YouTube: <https://youtu.be/LbD2r43dvNQ?feature=shared> (último acceso: 22 de julio de 2025).
- Fukami, T. (2021). "Flowers as islands": 30-min talk providing an overview of ecological research using flowers as a natural microcosm. Enlace a YouTube: <https://youtu.be/vSfbKTmr2PU?feature=shared> (último acceso: 22 de julio de 2025).

Un marco de educación en microbiología centrado en el alumno

Glosario:

- **Alimentación cruzada:** Intercambio de nutrientes y/o energía entre diferentes especies microbianas. Este proceso es crucial para la estabilidad y el funcionamiento de algunas comunidades microbianas, como las que se encuentran en el intestino de diversas especies animales.
- **Antibiosis:** Interacción entre organismos en la que al menos uno de ellos se ve afectado negativamente por la liberación de sustancias por parte del otro.
- **Biocombustibles:** Alternativas renovables a los combustibles fósiles, derivadas de biomasa como plantas y sus secreciones (incluido el néctar floral), desechos y subproductos agrícolas.
- **Biorreactor:** Dispositivo o sistema diseñado para sostener un ambiente biológicamente activo donde microorganismos o sustancias bioquímicamente activas pueden crecer y llevar a cabo procesos químicos de manera controlada. Estos aparatos se utilizan en industrias como la farmacéutica, alimentaria y de productos agrícolas para cultivar microorganismos en condiciones óptimas, controlando variables como la temperatura, el pH y el oxígeno.
- **Compuestos orgánicos volátiles (COV):** Grupo diverso de sustancias químicas que contienen carbono, que se evaporan fácilmente y se liberan al aire desde diversas fuentes, incluidas las flores.
- **Contingencia histórica:** Idea de que el estado de un ecosistema está significativamente influenciado por sus eventos y condiciones pasados, en lugar de estar determinado únicamente por su estado actual.
- **Dinámica de metacomunidades:** Estudio de cómo las comunidades locales interactúan y cambian a lo largo del tiempo, influenciadas tanto por factores locales (por ejemplo, condiciones ambientales e interacciones entre especies) como regionales (por ejemplo, dispersión). En esencia, se trata de comprender cómo la interconexión de estas comunidades configura su estructura y diversidad general.
- **Dispersión:** Movimiento de microorganismos o sus propágulos (por ejemplo, esporas) a través del espacio. Este movimiento puede ser activo, impulsado por los propios microorganismos (por ejemplo, mediante motilidad), o pasivo, dependiente de factores externos como el viento, el agua o los animales.
- **Efectos de prioridad:** Efectos que el orden de llegada y la abundancia inicial de especies tienen sobre el desarrollo de comunidades en formación en un sitio local (por ejemplo, una flor).
- **Eficacia biológica:** Capacidad de un organismo para sobrevivir y reproducirse en su entorno. Abarca diversos rasgos y habilidades que mejoran la capacidad del organismo para prosperar, adaptarse a los cambios y utilizar eficazmente los recursos.
- **Especialistas del néctar:** Microbios que se dispersan principalmente de flor en flor por la acción de visitantes animales y que normalmente muestran niveles mucho más altos de especialización y están altamente adaptados para sobrevivir en el néctar.

Un marco de educación en microbiología centrado en el alumno

- **Estructura jerárquica:** Organización de los seres vivos desde lo más simple hasta lo más complejo, donde cada nivel se basa en el anterior. Incluye átomos, moléculas, orgánulos, células, tejidos, órganos, sistemas de órganos, organismos, poblaciones, comunidades, ecosistemas y la biosfera. Esta jerarquía ayuda a gestionar la complejidad de la vida al descomponerla en niveles manejables.
- **Exclusión competitiva:** Un estado en el que dos especies que compiten por los mismos recursos no pueden coexistir de forma estable. Una superará y excluirá a la otra.
- **Filtro ambiental:** Conjunto de condiciones ambientales que determina el establecimiento de un grupo de especies en un hábitat determinado.
- **Generalistas de hábitat:** Microbios que proceden de diferentes fuentes ambientales y generalmente no muestran adaptaciones específicas al néctar floral.
- **Hábitat:** Entorno natural en el que vive habitualmente un organismo.
- **Hábitats de tipo insular:** Áreas de hábitat adecuado aisladas por entornos inadecuados, de forma similar a cómo las islas están aisladas por masas de agua.
- **Ladrones de néctar:** Animales que se alimentan de néctar a través de agujeros hechos en la corola de las flores, en lugar de entrar por las aberturas naturales de éstas; evitan así el contacto con las estructuras reproductivas florales y no contribuyen a la polinización.
- **Multiescala:** Término que se refiere a algo que implica muchos niveles o tamaños.
- **Mutualismo:** Tipo de interacción ecológica donde cada especie experimenta un efecto positivo neto de la asociación.
- **Rizosfera:** Zona estrecha del suelo influenciada por el crecimiento de las raíces de las plantas, caracterizada por propiedades físicas, químicas y biológicas diferenciales en comparación con la masa de suelo, y que normalmente alberga comunidades microbianas muy diversas.
- **Sinergia:** Interacción o cooperación entre organismos vivos dando lugar a un todo que es mayor que la simple suma de sus partes.
- **Tiempo de generación (o tiempo de duplicación):** Tiempo que tarda una población microbiana en duplicar su tamaño a través de la división celular.