

Moscas de la fruta y sus microbios

Señorita: Mamá estaba tan molesta esta mañana porque la mayoría de las manzanas que ella compró para mi lonchera tenía un área circular de pudrición. ¿Qué crees que causó esto?



Imagen de Sanjay Acharya

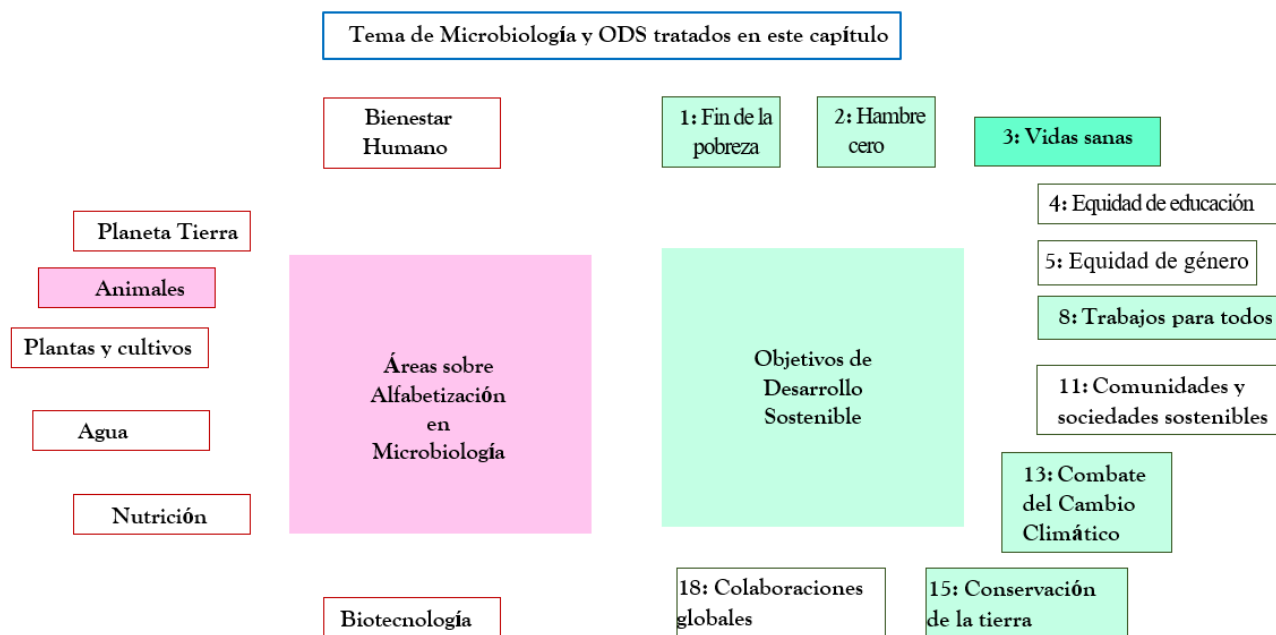
Jessamyn Perlmutter y Robert Unckless

Departamento de Biociencia Molecular, Universidad de Kansas, USA

Moscas de la fruta

Historia

Las moscas de la fruta representan un conjunto de especies de insectos enormemente diversos en términos de genética, hábitat, comportamientos y fuentes de alimentos. Las moscas de la fruta han sido una piedra angular de la investigación de biología durante muchos años y se han utilizado para muchos descubrimientos importantes en múltiples áreas, incluida la microbiología. Una de ellas es que se sabe que el microbioma de la mosca de la fruta juega roles clave en la salud y el desarrollo de las moscas. Además, algunas moscas de las frutas actúan como las principales plagas agrícolas que causan daños extensos a los cultivos y cuestan miles de millones de dólares en todo el mundo cada año para contener y monitorear. Muchas moscas, incluidas las especies invasoras, dependen de los microbios para ayudar a descomponer el material vegetal en una forma nutritiva y digerible para las moscas, al igual que los humanos confían en nuestros microbios intestinales para digerir los alimentos. También son plagas más ampliamente en la industria alimentaria, y son un problema particular en el que huelen a los alimentos podridos. Algunos microbios específicos infectan moscas y las protegen de depredadores y patógenos nocivos, y también se utilizan en los esfuerzos para controlar las plagas agrícolas y las enfermedades transmitidas por mosquitos en todo el mundo. La microbiología de la mosca de la fruta tiene un impacto en una serie de Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).



El contexto de la microbiología y la sociedad

The microbiology: Diversidad de la mosca de la fruta y el papel en la agricultura y la investigación, la mosca de la fruta mediterránea y el ala manchada *Drosophila* como plagas agrícolas, los microbios pectinolíticos como la fuente de pudrición de alimentos y el papel de otros microbios en la salud y el desarrollo de las moscas, la fruta vuela como las moscas de la fruta y la fermentación; La fruta vuela como vectores para patógenos de plantas (y tal vez humanos), microbios *Wolbachia* y *Spiroplasma*, control de las poblaciones de moscas de la fruta en la agricultura y el hogar a través de medios microbianos y no microbianos.

Sustainable Development Goals (SDGs): Pobreza final; final del hambre y promover agricultura sostenible, crecimiento económico inclusivo y sostenible, acción climática, uso sostenible de la tierra.

Moscas de la fruta: la microbiología

1. **Las moscas de la fruta incluyen miles de especies de moscas diferentes en todo el mundo, y algunas pueden destruir los cultivos agrícolas o actuar como valiosas herramientas de investigación.** El término "mosca de la fruta" es amplia, que cubre más de 4,000 especies descritas en todo el mundo (orden de diptera, familias Tephritidae y Drosophilidae). A pesar de que se conoce comúnmente como moscas de la fruta, diferentes especies pueden estar muy distantemente relacionadas. De hecho, algunas especies por última vez tenían un antepasado común de hace millones de años hace millones de años. Para dos de las especies más comúnmente estudiadas, *Drosophila melanogaster* (mosca de vinagre) y *Ceratitis capitata* (mosca de la fruta mediterránea), última vez compartieron un antepasado común hace más de 100 millones de años. A modo de comparación, se estima que los humanos y los chimpancés han compartido por última vez un antepasado hace unos 12 millones de años. Además, sus ciclos de vida, hábitats, características físicas y fuentes de alimentos pueden variar dramáticamente de especies a especies (Figura 1). De hecho, el término "mosca de la fruta" es inexacta, ya que muchas especies en su lugar comen alimentos completamente diferentes, incluidos hongos, néctar de flores o incluso bacterias en branquias de cangrejo (Figura 2). De hecho, las moscas que comúnmente invaden casas y cocinas representan una amplia gama de especies, y podrían verse atraídos por frutas podridas, alimentos atrapados en desagües de fregadero, alimentos para mascotas o incluso botellas de beber.



Figura 1. Imágenes de diversas moscas de frutas (Tephritidae y Drosophilidae). A) *Drosophila melanogaster*, b) *Chymomyza amoena*, c) *Drosophila silvestris*, d) *Drosophila hydei*, e) *Euaresta aequalis*, f) *Drosophila tristis*, g) *Rhagoletis suavis*, h) *Xyphosia miliaria*, i) *Drosophila suzukii*, n) *ycodrosophila dimidiata*, o) *Zaprionus indianus*, p) *Stegana* sp., q) *Ceratitis capitata*, r) *Clusiosomina puncticeps*, s) *Terellia serratulae*, t) *Tephritis ferosa*, u) *Adrama austeni*, v) *Orellia falcata*, w) *Drosophila Drosophila* hembra poniendo un huevo sobre fruta. Atribuciones de imagen a continuación.

Las dos especies que reciben la mayor atención son *Drosophila melanogaster* y *Ceratitis capitata*. *Drosophila melanogaster* en particular es importante porque se usa ampliamente en la investigación científica como organismo modelo para estudiar genética, neurociencia, metabolismo, interacciones microbios y muchos otros aspectos fundamentales de la biología (Figura 2, y ver el tema "Animales/animales transgénicos como modelos experimentales para interacciones humanas: microbios" para obtener más detalle; <https://www.youtube.com/watch?vm}qdbjnfll3ku>). De hecho, la investigación con este organismo ha llevado a descubrimientos críticos en el desarrollo y la genética del sistema nervioso, entre otros temas. *Ceratitis capitata*, mientras tanto, a menudo se considera la plaga más importante de la agricultura del mundo, ya que es increíblemente invasivo y destructivo de los cultivos.



Figura 2. Las moscas de la fruta en una botella de laboratorio que contiene alimentos en el fondo. Las moscas viven toda su vida en estas botellas. Los adultos ponen huevos en la comida, los huevos eclosionan y las larvas comen mucha comida. Finalmente suben por las paredes del contenedor para convertirse en pupas, y emergen como adultos. Izquierda: Adultos en contenedores de alimentos (Foto: Andreistanescu). Derecha: pupas en las paredes del contenedor (Foto: Cudmore, CC BY-SA 2.0, a través de Wikimedia Commons).

2. Hay muchas moscas de frutas agrícolas importantes y devastadoras, incluida la mosca de la fruta mediterránea y el ala manchada *Drosophila* (SWD). Las moscas de las frutas comen muchos de los mismos alimentos que los humanos, aunque la mayoría generalmente prefiere infestar la fruta que ya es suave, podrida y dañada y, por lo tanto, son solo molestias menores (Figuras 3 y 4). En contraste, algunas especies son plagas agrícolas que infestan y arruinan grandes cantidades de nuestro suministro de alimentos debido a varias características únicas, incluida la capacidad de infestar los alimentos antes de que esté podrido o demasiado maduro. Además, mientras que la mayoría de las especies de moscas de la fruta se adaptan a un tipo específico de alimentos o ambientes, las plagas invasoras a menudo son altamente adaptativas y pueden sobrevivir y reproducirse utilizando una gran variedad de alimentos en una variedad de contextos. Son estas especies altamente adaptables, como la mosca de la fruta mediterránea (también denominada Medfly), *Zaprionus* especies (como la mosca de higos africana) y *Drosophila suzukii* (ala manchada *Drosophila* o SWD), que son las mayores amenazas económicas y agrícolas. Estas especies de plagas tienen múltiples características únicas que las hacen significativamente peores que muchas otras especies. Primero, son altamente adaptables a las nuevas fuentes de alimentos, por lo que no se limitan a áreas con cultivos específicos. Específicamente, se sabe que la Medfly infesta más de 300 variedades diferentes de alimentos (frutas, verduras y nueces), *Zaprionus* puede infestar más de 80 tipos diferentes de plantas, y el SWD puede infestar docenas de variedades de frutas de piel suave. En segundo lugar, son altamente adaptables e invasivos en nuevos climas, lo que les permite extenderse rápidamente geográficamente. De hecho, estas moscas se encuentran en todo el mundo, obligando a los gobiernos y agricultores de todo el mundo a hacer cumplir políticas estrictas sobre la importación y la exportación de alimentos para evitar aún más desparramar. En tercer lugar,

algunas moscas tienen características físicas que permiten la infestación de frutas de maduración que otras moscas generalmente evitan. Por ejemplo, el SWD tiene un órgano de puesta de huevo dentada para que pueda cortar frutas de maduración fácilmente para poner huevos. Esto hace que los alimentos infestados de SWD sean más difíciles de identificar a veces debido a la falta de pudrición inicial, que generalmente es un signo de advertencia de infestación. Críticamente, no solo las infestaciones de moscas como estas, por lo tanto, son difíciles de identificar y tratar, los cultivos también están dañados o perdidos antes de que los humanos las consuman. Además, los alimentos enviados sin saberlo con infestaciones no identificadas permiten que las moscas se propaguen. El daño económico y agrícola es enorme. La pérdida de cultivos por sí sola le cuesta al mundo miles de millones de dólares anuales, con la detección y supervisión de alimentos que se ven obligatorias al gobierno para evitar que su propagación sea costando miles de millones más. Vea este enlace para un video sobre la mosca de la fruta de Queensland en Australia: <https://www.youtube.com/watch?v/v2h}hqvrbtultw>.



Figura 3. Varias especies de moscas de la fruta en diferentes fuentes de alimentos. A) vuela sobre la guayaba caída, b) moscas sobre la manzana podrida, c) moscas que rodean un hongo, d) moscas sobre hongos, e) moscas sobre pera, f) moscas en madera podrida, g) mosca sobre flor, h) moscas de la caza podrida, i), m oscas en la puta, j) moscas en las peras podridas, con los spots dorados de las moscas de las moscas y las moscas, las flías de la puta, las flías, las moscas, las moscas de las moscas, con las peras corrientes, con las moscas de las moscas y la reproducción de la jamgia, los flujos de la jamgia, los flujos de la jamgia, los f lujos de la jamgia.

El microbioma juega un papel importante en el desarrollo de la mosca y la salud. La actividad de algunos microbios en *Drosophila* puede aumentar o disminuir la tasa de desarrollo, alterar la vida útil, aumentar el tamaño del cuerpo, activar las vías del metabolismo energético, ayudar con la regulación adecuada del sistema inmune o incluso aumentar la respuesta del huevo. De hecho, el microbioma puede incluso afectar el comportamiento, con ciertos microbios que regulan la actividad física (las moscas sin microbios criadas en los laboratorios son hiperactivas), los alimentos y los comportamientos de alimentación (a menudo prefieren los alimentos poblados con microbios que ya tienen y están familiarizados), e incluso el reconocimiento y la atracción de pareja. Estos se realizan principalmente a través de la producción microbiana de moléculas pequeñas que envía n señales directamente a las células voladoras dentro del cuerpo, o que producen olores reconocidos por otras moscas. Además, así como hay microbios que enferman a los humanos, hay microbios que enferman las moscas. Hay una amplia variedad de bacterias, hongos y virus patógenos que pueden

infectar con moscas y otros insectos, o infectar tipos específicos de moscas. Esto los convierte en buenos sistemas para estudiar las interacciones microbios, ya que las moscas son fáciles y económicas para criar en el laboratorio y hay muchas herramientas genéticas disponibles para estudiarlas. Además, a pesar de su diferencia general para los humanos, tienen sistemas inmunes innatos comparables, lo que los convierte en un excelente organismo de investigación para comprender la inmunidad.

4. ***Los microbios específicos ayudan a las moscas de las frutas a los alimentos infestados.***

Agricultura, los microbios juegan un papel fundamental en la pudrición de alimentos y la destrucción de los cultivos (Figura 4). Entre ellas se encuentran bacterias que fijan el nitrógeno (llamado "diazotro", convierten el nitrógeno ambiental en formas nutritivas que las moscas pueden digerir) y otras que ayudan a descomponer el material vegetal (llamado "pectinolítico", pueden descomponer los azúcares de pectina en las plantas). En particular, son estos microbios pectinolíticos los responsables de la podrido en los alimentos. Las frutas inmaduras y no dañadas son entornos nutricionalmente desafiantes como una fuente única de nutrición, incluso para las moscas. Son bajos en proteínas y altos en azúcares que no pueden ser digeridos por las moscas. Los microbios ayudan a las moscas en estos entornos descomitando las pectinas vegetales en formas comestibles para las moscas, que es la causa de las manchas podridas, ya que las pectinas son partes esenciales de las paredes celulares vegetales. Además, las levaduras ingresan al alimento y al fermento, proporcionando nutrición de proteínas adicional para moscas. Esta pudrición colectiva también suaviza la fruta, lo que facilita que las larvas se muevan.

Estos microbios provienen de diferentes fuentes en diferentes casos. La mayor parte del tiempo, los microbios ambientales entrarán dentro de la planta a medida que invade o a través de un punto dañado, y esto pudrirá la planta a través de la descomposición microbiana de las células de la planta y otros procesos que luego atraen moscas. Algunas plagas importantes tienen una gran ventaja ya que no siempre tienen que esperar a que ocurra este proceso. Algunos de ellos pueden perforar la piel de alimentos frescos que aún no ha madurado o podrido. Luego, los microbios ambientales se introducen tanto a través del área dañada en los alimentos como de las plagas mismas (Figura 4). Medflies adultas, por ejemplo, regurgitará algunos de sus microbios desde sus intestinos hacia los alimentos, o pasarán los microbios a través de los órganos reproductivos cuando se colocan huevos en los alimentos. Las hembras adultas también manchan los huevos con compuestos antimicrobianos de sus órganos reproductivos, lo que puede favorecer el crecimiento de microbios beneficiosos y matar otros microbios. Los microbios luego prosperan en la fuente de alimento y descomponen los alimentos en una forma de volar. Esto permite que las larvas naden y coman en la mezcla de alimentos microbianos y consuman los microbios que luego colonizan sus intestinos, continuando el ciclo. Si varias madres ponen huevos en la misma fruta, esto también puede resultar en mezclar o compartir sus microbios entre todos los descendientes. Por lo tanto, los microbios y las moscas tienen una relación compleja y mutuamente beneficiosa donde las moscas transportan y extienden los microbios, mientras que los microbios descomponen los alimentos en formas que las moscas pueden comer. Si bien esto es beneficioso para moscas y microbios, resulta en la pérdida de cultivos para los humanos.

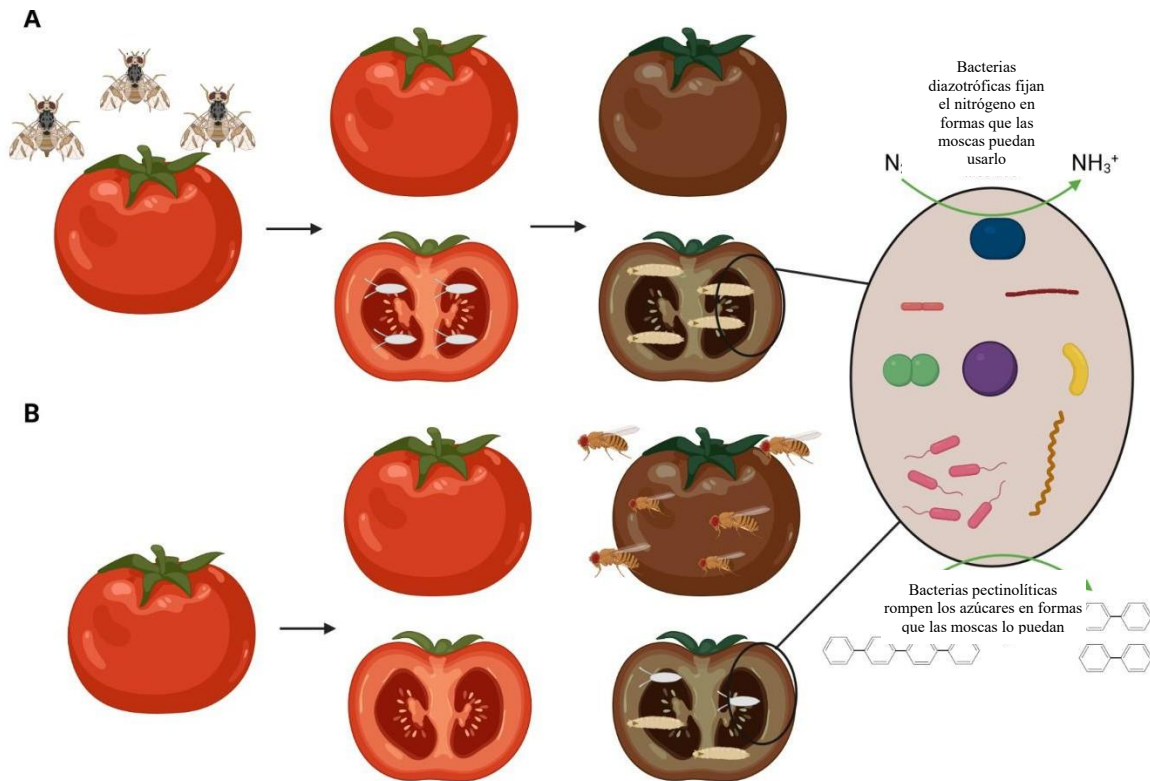


Figura 4. Diagrama de resumen de la relación entre moscas, frutas y microbios. A) Las moscas como Medflies o SWD pueden perforar a través de frutas sin impulsar para poner huevos. El daño a partir de esto permite que los microbios ambientales y asociados con mosca ingresen a la fruta y se pudran (marrón), a través de procesos que incluyen pectinólisis y fijación de nitrógeno. Los productos de los procesos químicos microbianos son digeribles y nutritivos para las larvas de mosca en desarrollo. B) Alternativamente, las moscas pueden esperar hasta que una fruta se anule naturalmente con el tiempo o se dañe, permitiendo microbios adentro. Luego, los microbios completan los mismos procesos químicos que alimentan las moscas en desarrollo. Creado en BiorSender.com.

Las moscas de la fruta se sienten atraídas por el aroma de la fermentación y, por lo tanto, pueden afectar una amplia gama de alimentos humanos. Mientras que algunas moscas infestan los alimentos antes de madurar, la mayoría de las especies se sienten atraídas por una fuente que ya está madurada y fermentadora. La fermentación es un proceso químico donde los microorganismos descomponen los azúcares u otras sustancias orgánicas en ausencia de oxígeno, que proporciona energía para los microbios. Las moscas ponen huevos cerca de los alimentos u otros materiales orgánicos húmedos, particularmente donde los alimentos blandos y sobre maduros están dañados y permiten un fácil acceso para que las larvas se alimenten. Las moscas huelen el dióxido de carbono producido por microbios durante la fermentación junto con otros olores, lo que los atrae a la fuente de alimento. Las diferentes especies de moscas se sentirán atraídas por diferentes fuentes. Dado que las moscas simplemente buscan material húmedo y fermentante, se sienten atraídas por una gran variedad de alimentos y lugares. Se pueden encontrar en frutas y verduras en campos, en la tienda de comestibles, restaurantes o cocinas. Las moscas de las frutas también se encuentran en las disposiciones de basura y los desagües del fregadero, los botes de basura, los restos líquidos de las botellas de bebidas, los trapas húmedos y sucios, los alimentos para mascotas, el vino, la kombucha, la cerveza, etc. Esto significa que las moscas pueden ser una molestia no solo en hogares y granjas, sino que son un problema importante para las industrias alimentarias en general, especialmente los productores de alimentos fermentados y bebidas. Es importante destacar que esta molestia se puede reducir mediante el uso de trampas que usan una variedad de atrayentes (vinagre,

azúcar, etc.) para atraer las moscas y capturarlas para que sean sacadas de la circulación. Funcionarán diferentes tipos de trampas para diferentes especies, y puede ser necesario probar más de uno para eliminar una infestación (trampas con vinagre, levadura, fruta, etc. Figura 5).



Figura 5. Diferentes trampas de moscas de la fruta se usan en diferentes situaciones. Las trampas de izquierda y pegajosa son al aire libre o interiores comunes para evitar físicamente que las moscas se muevan (Foto: Andras Csontos). Las trampas de vinagre correctas también se usan comúnmente en interiores o al aire libre colgando una botella de bebida abierta de una rama de árboles. El líquido es principalmente vinagre de manzana con unas gotas de jabón para platos. Los embudos de papel ayudan a evitar que las moscas escapen una vez dentro (Foto: Joshua Rainey). Bottomio derecho: una vez que las moscas tocan el líquido jabonoso, se los pega y no pueden escapar, y finalmente mueren. Las moscas capturadas se muestran desde una vista superior en esta trampa (Foto: AMRKL5).

5. ***Las moscas de la fruta pueden actuar como vectores de enfermedades de plantas*** (y posible mente humanas). Las moscas de las frutas no son directamente dañinas para los humanos, pero la investigación sugiere que pueden vectores de patógenos que son perjudiciales para plantas o humanas en ciertas circunstancias. En las pruebas de laboratorio, pueden recoger patógenos de alimentos comunes como *E. coli*, *Salmonella* y *Listeria* de frutas y verduras y reubicarlos a otra fuente, potencialmente planteando un riesgo de seguridad alimentaria. Si bien no está claro cuánto de papel juegan las moscas de la fruta en los patógenos transmitidos por los alimentos fuera de los entornos de prueba, es posible que estén involucrados. Además, algunas especies pueden transportar enfermedades vegetales, por ejemplo, la mosca de la fruta oriental que transporta bacterias que pueden pudrirse los plátanos. Sin embargo, estas bacterias son realmente beneficiosas para la mosca porque aumentan la tasa de desarrollo y el éxito de la eclosión de la descendencia. Muchas moscas de las frutas son vectores de muchos patógenos de plantas diferentes, lo que los convierte en vehículos involuntarios de destrucción de cultivos adicionales más allá de sus propias necesidades nutricionales.

6. ***Los simbios bacterianos de las moscas de la fruta pueden ayudar a las moscas sobrevivir en la naturaleza, y algunos también pueden ser explotados por los humanos para detener la propagación de enfermedades infecciosas.*** Muchos miembros del microbioma de la mosca de la fruta juegan un papel importante en la salud de la mosca de la fruta, como se discutió anteriormente. Además, algunas moscas tienen microbios específicos que pueden ser beneficiosos. Estos microbios, como las bacterias *Wolbachia* y *Spiroplasma*, pueden tener muchos efectos positivos en el huésped, incluido el aumento de las tasas de puesta de huevo de las hembras o el aumento de la longevidad. Además, algunas cepas de estas bacterias ayudan a proteger las moscas contra el daño. De hecho, las moscas con *Wolbachia* se vuelven resistentes a muchos patógenos de mosca de frutas, y *Spiroplasma* protegen algunas moscas de frutas de las avispas depredadoras que se aprovechan de las moscas. Además, dado que las bacterias se propagaron y luchan contra otros patógenos microbianos, actualmente se están utilizando para combatir las enfermedades de los mosquitos también. De hecho, la cepa *Wolbachia* de *Drosophila melanogaster* se está utilizando actualmente para infectar mosquitos para que sean resistentes a los virus para que los mosquitos ya no propaguen enfermedades a los humanos (ver el tema "Insectos: la historia *Wolbachia* para más detalles).

7. ***Los métodos microbianos y no microbianos se pueden usar para controlar las poblaciones de moscas.*** El control de la población de moscas se puede hacer con varios métodos. Para infestaciones pequeñas como infestaciones en el hogar, las trampas pegajosas de papel pueden ser útiles, al igual que las trampas líquidas usando vinagre, fruta o levadura (por ejemplo, ver <https://lancaster.unl.edu/pest/resources/fruitflytrap.shtml>). En la agricultura, es común identificar alimentos infestados o posiblemente infestados y eliminarlos. Los agricultores también usan comúnmente pesticidas, sin embargo, esto puede dañar el medio ambiente y los animales (ver "agroquímicos", "plantas e insectos" y temas de "protección de la planta" para obtener más detalles). A veces, los insectos masculinos se crían en los laboratorios, se irradian para esterilizarlos y luego liberados en la naturaleza para aparearse con hembras que luego ponen huevos no fertilizados. Esto se llama "técnica de insectos estéril" o SIT. Como se indicó anteriormente, también puede haber métodos basados en microbios. *Wolbachia* también se puede utilizar como una alternativa a la SIT o la supresión de la población basada en la irradiación (ver tema "Insectos: la historia *Wolbachia*" para más detalles). Para las principales plagas agrícolas invasivas, cualquier infestación no debe ser manejada por nadie excepto una autoridad profesional, por lo que es aconsejable contactar al instituto o autoridad gubernamental pertinente en el área, que generalmente tienen protocolos para evitar que la infestación se propague. Consulte este enlace para obtener una guía completa para el control de la mosca interior: <https://agrillifeextension.tamu.edu/library/insects/indoor-moscas-y-treir-control/>.

Relevancia para los objetivos de desarrollo sostenible y los grandes desafíos

La dimensión microbiana de las moscas de la fruta en la agricultura, la investigación y la enfermedad se relaciona con varios ODS (aspectos microbianos en cursiva), incluidos:

- ***Objetivo 1. Finalizar la pobreza en todas sus formas (reduce el efecto económico de la pérdida de cultivos en los agricultores, reduce la inversión gubernamental para su monitoreo, incrementa la disponibilidad de comida, así como la baja de precios).*** Algunas especies de moscas de frutas causan daños agrícolas masivos, lo que lleva a miles de millones de dólares en pérdidas de cultivos cada año. Además, los costos de la visión general gubernamental pueden ser igualmente costosos, y muchos gobiernos gastan miles de millones en programas para erradicar infestaciones de especies invasoras y también para clasificar e inspeccionar los alimentos en busca de signos de infestación. Esto puede tener un efecto muy perjudicial en los agricultores que cultivan los cultivos, y es una carga para la economía en general. Además, puede aumentar los costos de los alimentos cuando se sufren grandes pérdidas. El uso de varios métodos, incluidas las técnicas de control basadas en microbios, podría ser clave para prevenir estas pérdidas y gastos.
- ***Objetivo 2. Finalizar el hambre, lograr la seguridad alimentaria y mejorar la nutrición y promover la agricultura sostenible (reduce la pérdida de cultivos, incrementa el suplemento de nutrientes de todas las comidas).*** Como se explicó anteriormente, las moscas de la fruta conducen a la pérdida de cultivos. Esto no solo afecta a la economía, sino que puede causar problemas en el suministro de alimentos si grandes proporciones de tipos de alimentos particulares están infestados o requieren medidas de cuarentena. Además, los cultivos afectados por las moscas de las frutas son en gran medida alimentos integrales y frescos que son altamente nutritivos, lo cual es un aspecto adicional de las pérdidas. Las infestaciones de cultivos también conducen al uso de pesticidas adicionales, que pueden

tener efectos ambientales en cascada y no es una forma sostenible de agricultura. Además, los patógenos microbianos que llevan las moscas de la fruta tienen efectos devastadores adicionales en la salud y la productividad de los cultivos.

- **Objetivo 3. Asegúrese de vidas saludables y promueva el bienestar de todas las edades (uso de simbiosis para reducir su aspersión).** Como se indica en el punto 8 y el tema "Insectos: la historia *Wolbachia*", la cepa *Wolbachia* en *Drosophila melanogaster* puede ser clave para las iniciativas para detener la propagación de enfermedades infecciosas por los mosquitos. Vea el tema *Wolbachia* para obtener más detalles. Como es posible que las moscas de la fruta puedan ser vectores de patógenos transmitidos por los alimentos, es posible que jueguen un papel en la propagación de estos microbios también.
- **Objetivo 8. Promueva un crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, empleo completo y productivo y trabajo decente para todos (promueve el crecimiento económico y reduce las pérdidas de la economía agrícola, empleos sostenibles para agricultores).** Las infestaciones de moscas de la fruta en la agricultura y la industria alimentaria dan como resultado grandes pérdidas económicas, y los esfuerzos de mitigación también son costosos. Los agricultores y otros en la industria alimentaria pueden sufrir mucho cuando los cultivos o productos están infestados. Hay más tensiones financieras en los gobiernos que deben monitorear y administrar infestaciones, e inspeccionar las importaciones y exportaciones de alimentos para evitar la propagación de plagas invasivas. La prevención de infestaciones aligeraría estas grandes cargas económicas y promovería un mayor crecimiento y sostenibilidad laboral en la agricultura y los alimentos.
- **Objetivo 13. Tome medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus impactos (consigue prácticas sostenibles de agricultura).** Se espera que el cambio climático aumente las temperaturas en todo el mundo. Como las moscas de las frutas prefieren climas más cálidos, incluso las especies que ya son altamente adaptables continuarán extendiéndose, trayendo consigo una devastación adicional a la agricultura a través de la propagación de enfermedades de las plantas e infestaciones directas de mosca. Además de otros posibles efectos sobre la productividad agrícola debido al aumento de las temperaturas, las moscas de la fruta pueden empeorar las cosas. Esto puede conducir a un uso creciente de pesticidas y hará que la agricultura sostenible sea más difícil.
- **Objetivo 15. Proteger, restaurar y promover el uso sostenible de ecosistemas terrestres, gestionar de manera sostenible los bosques, la desertificación de combate y detener y revertir la degradación de la tierra y detener la pérdida de biodiversidad (reduce los efectos de pesticidas, reduce la demanda adicional de tierra para agricultura).** A medida que las moscas de la fruta continúen destruyendo los cultivos y la población humana crece, habrá una necesidad en expansión de tierras adicionales para aumentar la producción de alimentos y la expansión del uso de pesticidas. Esto dará como resultado la pérdida de tierras salvajes para usar para la agricultura y una pérdida posterior en la biodiversidad. Las medidas alternativas para controlar las plagas sin pesticidas, como las técnicas basadas en *Wolbachia*, pueden ser clave para lograr la gestión sostenible del ecosistema.

Posibles implicaciones para las decisiones

1. ***Individual***
 - a. Teniendo en cuenta el uso de varios métodos para controlar las infestaciones en un hogar, negocios o jardín (¿qué tipo de método de control para usar? ¿Debería utilizar algún pesticidas o trampas, o se puede eliminar la fuente de la infestación?)
 - b. ¿Consecuencias del uso de pesticidas en otras plantas cercanas (afectará a insectos, plantas y animales adicionales)?
 - c. ¿Métodos de cuarentena plantas enfermas (las moscas de las frutas propagarán la enfermedad, y deberían ser bloqueadas del acceso a la planta)?
2. ***Políticas comunitarias***
 - a. Consecuencias locales del uso de pesticidas (efectos ambientales, impacto ecológico).
 - b. Compra local para estrategias alternativas como el control *Wolbachia* (impacto ecológico de la supresión de la población de moscas, costo de varios métodos).
 - c. Asignación y uso de tierras para la agricultura frente a otras actividades.
3. ***Políticas nacionales***
 - a. Regulaciones sobre el uso de pesticidas (cuáles, en qué contextos, consideran el impacto ambiental frente al impacto agrícola).
 - b. Inversión en métodos de control alternativos, investigación y desarrollo (¿métodos SIT o *Wolbachia*?).
 - c. Políticas para monitorear, inspeccionar y administrar plagas invasoras e importaciones/exportaciones de alimentos.
 - d. Políticas y métodos de cuarentena para enfermedades de las plantas vectadas con mosca de la fruta.
 - e. Prácticas aceptables de uso de la tierra, expansión de las necesidades agrícolas con calentamiento global o plaga de plagas.

Participación de la pupila

1. ***Discusión en clase de los temas asociados con las moscas de la fruta: ¿cuáles son los aspectos positivos y negativos?*** Considere la importancia de la investigación, el papel en el medio ambiente (invasivo frente a no invasivo, posibilidad de polinización, etc.) y efectos en la agricultura y la economía.
2. ***Conciencia de las partes interesadas del alumno***
 - a. Las moscas de la fruta pueden ser partes importantes de los ecosistemas, o pueden ser invasores destructivos. ¿Cuáles son las consecuencias positivas y negativas de varios métodos de control de moscas de la fruta en el hogar y en la agricultura para diferentes tipos de moscas?
 - b. ¿Qué medidas existen en su país para monitorear y administrar infestaciones de plagas? ¿Puede pensar en medidas adicionales que podrían ayudar a prevenir infestaciones?
 - c. ¿Qué harías si descubrieras una infestación de moscas de frutas en tu jardín?

3. **Ejercicios**

- a. ¿Cuáles son las diversas ventajas y desventajas de los diferentes tipos de métodos de control de moscas de la fruta?
- b. ¿Qué pueden hacer los agricultores individuales para minimizar el potencial de pérdida de cultivos debido a las infestaciones de la mosca de la fruta? ¿Qué desafíos adicionales pueden enfrentar los agricultores a largo plazo para proteger sus cultivos? Considere tanto las medidas preventivas como las medidas de tratamiento.
- c. Teniendo en cuenta que las moscas de las frutas se sienten atraídas por la fermentación, ¿en qué lugares o industrias se puede pensar que puede verse afectado por las moscas de la fruta?

La base de evidencia, lecturas adicionales y ayudas para enseñar

*Mosca de la Fruta del Mediterráneo, especies invasivas de *Zaprionus* y *ala de Drosophila* (SWD)*

Sela, S., Nestel, D., Pinto, R., Nemny-Lavy, E. y Bar-Joseph, M. (2005). La mosca de la fruta mediterránea como un vector potencial de patógenos bacterianos. *Applied and Environmental Microbiology*, 71(7), 4052-4056.
<https://www.aphis.usda.gov/aphis/resources/pests-diseases/hgry-pests/the-thtrea t/med-fruit- fly/med-fruit-fly>

Walsh, D. B., Bolda, M. P., Goodhue, R., Dreves, A. J., Lee, J., D. J., Walton, V. M., O'Ke, S. D. F. G. (2011). *Drosophila suzukii* (diptera: Drosophilidae): plaga invasiva de maduración de fruta blanda expandiendo su rango geográfico y potencial de daño. *Journal of Integrated Pest Management*, 2(1), g1-g7. (SWD) La alta adaptabilidad permite que la m osca invasiva de la fruta prospere en nuevos entornos.

John P. Roche, *Entomology Today*, June 9, 2020. <https://entomologytoday.org/2020/06/09/high-adaptability- invasive-fruit-fly-new-environ ments-spotted-wing-drosophila-phenotypic-plasticity/>

van der Linde, K., Steck, G. J., Hibbard, K., Birdsley, J. S., Alonso, L. M. y Houle, D. (2006). Primeros registros de *Zaprionus indianus* (Di ptera: Drosophilidae), una especie de plagas en frutas comerciales de Panamá y Estados Unidos d e América. *Florida Entomologist*, 89(3), 402-404.

Microbioma de la mosca de la fruta

Lizé, A., McKay, R. y Lewis, Z. (2014). Reconocimiento de parientes en *Drosophila*: la importancia de la ecología y la microbiota intestinal. *The ISME Journal*, 8(2), 469-477. Qiao, H., Keesey, I. W., Hansson, B. S. y Knaden, M. (2019). La microbiota intestinal afecta el desarrollo y el comportamiento olfativo en *Drosophila melanogaster*. *Journal of Experimental Biology*, 222(5).

Schretter, C. E., Vielmetter, J., Bartos, I., Marka, Z., Marka, S., Argade, S. y Mazmanian, S. K. (2018). Un factor microbiano intestinal modula el comportamiento locomotor en *Drosophila*. *Nature*, 563(7731), 402-406.

Microbios de la mosca de la fruta y la infestación de comida (pectinas, diazotroficas)

Zaada, D. S. Y., Ben-Yosef, M., Yuval, B. y Jurkevitch, E. (2019). La fruta del huésped amplifica la

A child-centric microbiology education framework

interacción mutualista entre las larvas *Ceratitis capitata* y las bacterias asociadas. *BMC Biotechnology*, 19(2), 1-10.

Behar, A., Jurkevitch, E. y Yuval, B. (2008). Traer de vuelta la fruta a las interacciones de la mosca de la fruta -bacterias. *Molecular Ecology*, 17(5), 1375-1386.

Moscas de las frutas, fermentación y trampas de moscas

<https://lancaster.unl.edu/pest/resources/fruitflytrap.shtml>

Moscas de las frutas y patógenos de plantas y de humanos

Él, M., Jiang, J. y Cheng, D. (2017). La cepa de patógeno vegetal *Gluconobacter cerinus* CDF1 es beneficioso para la mosca de la fruta *Bactrocera dorsalis*. *Amb Express*, 7(1), 1-10.

Sela, S., Nestel, D., Pinto, R., Nemny-Lavy, E. y Bar-Joseph, M. (2005). La fruta mediterránea vuela como un vector potencial de patógenos bacterianos. *Applied and Environmental Microbiology*, 71(7), 4052-4056.

Black, E. P., Hinrichs, G. J., Barcay, S. J. y Gardner, D. B. (2018). La fruta vuela como vectores potenciales de enfermedades transmitidas por los alimentos. *Journal of Food Protection*, 81(3), 509-514.

Simbiontes de las moscas de la fruta en la protección y el control de vectores.

Xie, J., Butler, S., Sánchez, G. y Mateos, M. (2014). La muerte masculina *Spiroplasma* protege *Drosophila melanogaster* contra dos avispas parasitoides. *Heredity*, 112(4), 399-408.

O'Neill, S. L., Ryan, P. A., Turley, A. P., Wilson, G., Retzki, K., Icurbe-Anmaetxe, I., Dong, Y., Kenny, N., Pat on, C. J., Ritchie, S. A., Brown-Kenyon, J., Stanford, D., Wittmeier, N., Jewell, N. P., Tanamas, K., K., Anders, y K. L. y Simmons, C. P. (2018). Despliegue escalado de *Wolbachia* para proteger a la comunidad del dengue y otros arbovirus transmitidos *Aedes*. *Gates Open Research*, 2.

Teixeira, L., Ferreira, Á., Y Ashburner, M. (2008). El simbiótico bacteriano *Wolbachia* induce resistencia a las infecciones virales de ARN en *Drosophila melanogaster*. *PLoS Biology*, 6(12), e1000002.

Hedges, L. M., Brownlie, J. C., O'Neill, S. L. y Johnson, K. N. (2008). *Wolbachia* y protección contra el virus en insectos. *Science*, 322(5902), 702-702. (Medfly Sit): Ami, E. B., Yuval, B. y Jurkevitch, E. (2010). Manipulación de la microbiota de las moscas de la fruta mediterránea criada en masa *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) mejora el rendimiento sexual masculino estéril. *The ISME Journal*, 4(1), 28-37.

Figura 1 Imágenes Creditos: Collage por Jessamyn Perlmutter.

A. *Drosophila melanogaster*- andré karwath alka, aka, cc by-sa 2.5 <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5>, a través de Wikimedia Commons

B. *Chymomyza Amoena*- Slimguy, CC por 4.0 <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0> , a través de Wikimedia Commons C. *drosophila silvestris*- karlm, cc by-sa 3.0 <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0> , Commons

D. *Drosophila hydei* (Brian Gratwicke, CC por 2.0 <https://creativecommons.org/licenses/by/2.0> , a través de Wikimedia Commons)

E. *Euaresta aequalis*- Bruce Marlin, CC By-SA 2.5 <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5> , a través de Wikimedia Commons

F. *Drosophila tristis* (esta imagen es creada por el usuario Dick Belgers en Waarneming.nl, una

A child-centric microbiology education framework

- fuelle de observaciones de la naturaleza en los netherlands., CC por 3.0 <https://createivecommons.org/licenses/by/3.0> , a través de Wikimedia Commons.
- G. Rhagoletis suavis- Beatriz Moisset, CC BY-SA 4.0 <https://createivecommons.org/licenses/by-sa/4.0>, a través de Wikimedia Commons
- H. Xyphosia miliaria- James Lindsey en la ecología de la compensadora, CC por SA 2.5 <https://createivecommons.org/licenses/by-sa/2.5>, a través de wikimedia commons
- I. urophora cardui-james lindsey en ecology of commanster, cc by-sa 2.5 <https://creativecomons.org/licenses/by-Sa/2.5>, Wikimedia Commons
- J. Anastrepha División de la División del Archivo de la Industria de las Plantas, Departamento de Agricultura y Servicios de Consumidor de Florida, Dominio Público, a través de Wikimedia Commons
- K. Bactrocera dorsalis- Scott Bauer, Servicio de Investigación Agrícola del USDA
- L. Rhagoletis Mendax- Jerry A. Payne, Servicio de Investigación Agrícola de la USDA, CC por 3.0 <https://createivecommons.org/licenses/by/3.0>, a través de wikimedia commons
- M. drosophila suzukii- juviad gallagher, cc por 2.0 <https://creativececons.org/licenses/by/2.0> , a través de wikimedia MycodroSophila dimidiata- katja schulz de Washington, D. C., EE. UU., CC por 2.0 <https://creativecommons.org/licenses/by/2.0> , a través de wikimedia commons o. <https://createivecommons.org/licenses/by/2.0> , a través de Wikimedia Commons
- P. Stegana sp.- pristurus, cc by-sa 3.0 <https://creativececommons.org/licenses/by-sa/3.0>
- Ceratitis capitata- alvesgaspar, cc by-sa 3.0 <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0> , a través de Wikimedia Commons
- R. Clusiosomina Puncticeps- James Ni land, cc por 2.0 <https://createivecommons.org/licenses/by/2.0> , a través de Wikimedia Commons
- S. Terellia serratulae- hectonichus, cc by-sa 3.0 <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0> , Commons
- T. Tephritis ferosa- Alvesgaspar, CC BY-SA 3.0 <https://createivecommons.org/licenses/by-sa/3.0> , a través de Wikimedia Commons
- U. Adrama Austeni- L. Shyamal, CC BY-SA 3.0 <https://createivecommons.org/licenses/by-sa/3.0>, a través de Wikimedia Commons
- V. orellia falcata- hectonichus, cc by-sa 4.0 <https://creativocommons.org/by-sa/4.0>, a través de Commons W. *Drosophila* larva-foto por David Duneau. X. *Drosophila* Piten de huevo de David Du neau.

Figura 3 Creditos: Collage de Jessamyn Perlmutter.

- A. Anne Webber B. Anne Webber C. Braendan Yong D. David Duneau E. Martina Unbehauen F. Tonny Anwar G. Aakahunaa H. Fruit vuela sobre el mango Rotten- John de Sydney, Australia, C C por 2.0 <https://Creativocommons.org/by/2.0>, I. Mirage3 J. Martina Unbehauen K. Anne Webber

Glosario

- Adaptado: cuando un organismo se ha ajustado a las condiciones de un nuevo contexto o entorno.
- Compuesto antimicrobiano: una molécula que mata a los microorganismos o detiene su crecimiento, como un antibiótico.
- Biodiversidad: la variedad de vida en el mundo o en un hábitat o ecosistema.
- Carbono: un gas sin color, un gas natural, un gas de los procesos naturales, producido por hábitos naturales como respiración o fermentación.
- Pared celular: una capa rígida de moléculas de azúcar en el exterior de las células de organismos como las plantas.
- *Ceratitis capitata*: nombre científico para la mosca de la fruta mediterránea.
- Cambio climático: un cambio en los patrones climáticos globales o regionales, en particular debido a un aumento de los niveles de dióxido de carbono producido por el uso de fósiles.
- Género: Último ancestro compartido por 2 especies antes de que se dieran en múltiples especies gracias a una evolución de años atrás.
- Ditrófico: microbios que pueden fijar nitrógeno en la atmósfera y convertir a una forma que puede ser usada por otros organismos.
- *Drosophila melanogaster*: La mosca común del vinagre, utilizada ampliamente en la ciencia.
- Fermentación: Proceso químico donde los microorganismos descomponen los azúcares u otras sustancias orgánicas en ausencia de oxígeno, lo que proporciona energía para los microbios.
- Genética: las propiedades hereditarias basadas en el ADN de un organismo
- Sistema inmune innato: la primera línea de defensa contra los patógenos, al igual que la capacidad de los microbios de adaptación, al igual que las barreras antimicrobianas de adaptación generales, al igual que la capacidad de los microbios de adaptación.
- Invasivo: plantas o animales que se propagan prolíficamente y perjudicialmente más allá de su área geográfica natural.
- Medfly: a corto plazo para la mosca de la fruta mediterránea, o *Ceratitis capitata*.
- Mosca de fruta mediterránea: nombre común para la medfly *Ceratitis capitata*, una especie de pestillo invasiva que da daño agrícola que sea una gran especie invasiva que daña el daño mediterráneo.
- Metabolismo: procesos químicos que ocurren dentro de un organismo vivo para mantener la vida.
- Microbioma: coloquialmente (como se usa en este documento), los microorganismos de un organismo o entorno definido (una especie estrictamente científica, se refiere al material genético específico de dichos organismos).
- Organismo: una especie que ha sido una especie estrictamente, por lo general, se refiere al material genético específico de dichos organismos. En un entorno de laboratorio y es particularmente adecuado para estudiar algunos rasgos deseados, enfermedades o procesos biológicos.
- Moléculas: grupos de átomos unidos para formar un compuesto.
- Orgánico: relacionado con o derivado de materia viva.
- Patógeno: un microorganismo que puede causar enfermedad.
- Pectina: azúcar en las plantas que es un componente clave de las células.
- Pectinolítico: el rasgo o propiedad de un microorganismo o molécula para metabolizar o

A child-centric microbiology education framework

descomponer los azúcares de pectina en moléculas más pequeñas

- Pesticida: una sustancia utilizada para destruir insectos u otros organismos perjudiciales para plantas o animales cultivados.
- Especie: un grupo de organismos que consisten en individuos similares capaces de intercambiar genes o un intercambio
- Ala manchada *Drosophila* (SWD): una especie de moscas agrícolas, nombre científico: *Drosophila suzukii*
- Objetivos de desarrollo sostenible (SDG): 17 objetivos establecidos por las Naciones Unidas en 2015 como parte de una agenda para el desarrollo sostenible en todo el mundo.
- Vector: un insecto u otro organismo que transmite enfermedades de un animal o planta a otra.