Artículo

Revista Ciencia y Naturaleza

Los "aliens" de los insectos: el caso de los parasitoides de la broca del café

Jassmin Cruz-Bustos
Javier de la Rosa-Cancino
Wilmar de la Rosa-Cancino

1061

Artículo

Los “aliens” de los insectos: el caso de los parasitoides de la broca del café

Cómo citar este artículo: Cruz-Bustos J, de la Rosa-Cancino J, de la Rosa-Cancino W. 2024. Los “aliens” de los insectos: el caso de los parasitoides de la broca del café. Revista Ciencia y Naturaleza (1061).

El cine y la ecología: Aliens

Hace algunas décadas en 1979, se estrenó una de las películas de ciencia ficción y terror más taquilleras en el mundo: “Alien, el octavo pasajero”, una cinta que dio inicio a una saga cinematográfica, la misma que posteriormente daría origen a toda una franquicia. Las películas de “alien” tratan sobre una criatura del espacio exterior que utiliza el cuerpo de otras criaturas, incluyendo el de seres humanos para reproducir a su progenie. La pequeña y horrorosa cría del “alien” se alimentaba en el interior de sus hospederos, devorando sus órganos internos para desarrollarse.

Finalmente emergía un adulto de “alíen” del cuerpo de su hospedero aún vivo, quien inevitablemente moría. Este ciclo se repetía cada vez que los “aliens” necesitaban desarrollar sus crías, pues debían encontrar otro cuerpo que parasitar.

Lo anterior, aunque parezca algo de otro mundo y sea considerado como ciencia ficción, es tomado de interacciones reales que ocurren entre microorganismos e insectos que conviven con nosotros. Esta característica fue llevada al cine de ciencia y ficción por los directores, es algo que ocurre frecuentemente en nuestro planeta.

Quizás, no podemos ver este fenómeno a simple vista, pero ocurre en la naturaleza. En el mundo de los insectos a estos aliens de la vida real se les conoce como parasitoides (ver cuadro de concepto). Los parasitoides son nuestros grandes aliados en la agricultura bajo el concepto de control biológico.

El café: un sistema lleno de vida

Sin duda alguna, el café es uno de los productos más consumidos a nivel mundial, incluso, por encima del té, y ha sido consumido a lo largo de más de 1,000 años. Existen dos especies de café que son económicamente importantes, el café robusta (*Coffea robusta*), y el café arábica (*Coffea arabica*).

Ambas especies difieren en calidad, pero la forma en que se cultivan tiene características similares que las hacen únicas e importantes para otros seres vivos con los que comparten su hábitat.

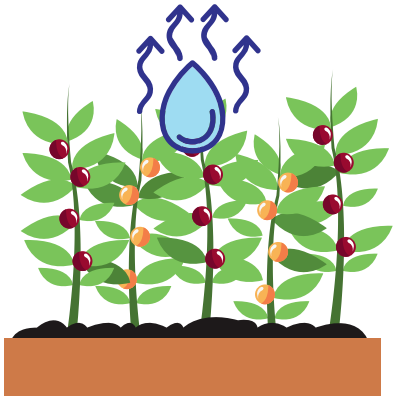
El café robusta suele ser cultivado a una altura no mayor a los 800 metros sobre el nivel del mar, es utilizado principalmente en la industria de los cafés solubles o instantáneos.

Por otra parte, el café arábica también llamado café de altura es cultivado entre los 1,200 y 2,100 metros sobre el nivel del mar y suele utilizarse un sistema rusticano o de montaña, siendo ambos cafés cultivados bajo sombra. Los cafetales bajo sombra son sistemas agroecológicos bastante complejos y que pueden ser considerados oasis, ya que pueden albergar una gran cantidad de biodiversidad.

Esta biodiversidad varía entre países y regiones cafetaleras del mundo, lo que representa ventajas ecológicas en estos medios. Al incluir árboles de sombra en el cultivo, los cafetales pueden ser considerados como bosques secundarios. En ellos, se han registrado hasta un 90% de árboles nativos que albergan gran diversidad de insectos, arañas, anfibios, reptiles, aves, murciélagos y otros mamíferos (Figura 1).

Esta diversidad presente en el cafetal representa un beneficio a los agricultores, ya que puede aportar ciertos servicios ecosistémicos como son la polinización, la captura de dióxido de carbono, e incluso el control de plagas del café.

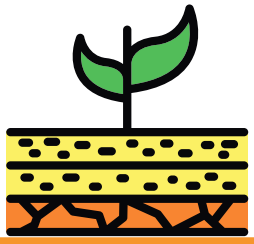
Figura 1. Diversidad de especies en el agroecosistema de café.



La cobertura de sombra en el cafetal tiene como consecuencia la reducción de las tasas de evaporación del suelo y la transpiración de las plantas de café. Además, los árboles de sombra ofrecen un mayor nivel de protección para los agricultores con vulnerabilidad a la reducción de los recursos hídricos. Se ha observado una reducción de la tasa de evaporación de suelo de hasta en un 41% en cafetales con una cobertura de sombra de entre el 60 y el 80%.

Otras ventajas de este tipo de agroecosistemas consisten en que mejoran la fertilidad y reducen la erosión del suelo, retienen grandes cantidades de carbono y elevan la calidad del agua, contribuyen a evitar pérdidas del mismo recurso, incrementan la belleza estética del lugar generando áreas atractivas y recreativas que suelen aprovecharse para realizar ecoturismo.

Los cafetales son lugares de una belleza única con gran potencial como áreas de conservación



El café y su enemigo: la broca del café

Las plantas de café son arbustos que pueden alcanzar fácilmente entre 10 y 15 metros de altura, sin embargo, para fines comerciales y comodidad a la hora de la cosecha, los árboles se podan a una altura entre los 2 y 4 metros de altura. El café produce frutos a los que se les denomina cerezos por su parecido a la fruta de la cereza. Cuando estos frutos maduran suelen ser de color rojo o rojo-amarillento, entonces es cuando se encuentran listos para la cosecha.

En el proceso de maduración de los frutos, existe una de las amenazas más destacadas, nuestro enemigo, la broca del café (*Hypothenemus hampei*). La broca del café es un insecto más pequeño que un grano de arroz (Figura 2). Este insecto también disfruta del sabor del grano de café de una manera muy especial. Cuando los frutos están maduros, la broca vuela e identificando los granos de café idóneos para que pueda alimentarse y dejar sus huevos, de donde emergerán larvas, que a su vez, se convertirán en pupas, y finalmente en adultos con la capacidad de poder infestar nuevos frutos.

Las hembras de la broca son las únicas que vuelan y son las responsables de la infestación dentro del cafetal. Por su parte, los machos no tienen alas desarrolladas y están únicamente relacionados con la reproducción.

Figura 2. Vista lateral de Hypothenemus hampei, broca del café, a través de microscopia electrónica de barrido.

Los machos se quedarán toda su vida dentro del fruto de café que fue previamente infestado. En temperaturas de 26ºC, cada hembra de broca puede poner en promedio entre 2 y 3 huevos por día por un periodo de 20 días. Por lo que una hembra puede producir unos 74 huevos durante toda su vida.

Además, se ha estimado que a diferentes temperaturas, el poder de infestación de la broca es mayor. Por ejemplo, a 20ºC un solo fruto brocado puede infestar hasta 590 frutos de café; mientras que a 22.5ºC los frutos susceptibles al ataque incrementa a 959 frutos. La broca del café es considerada una plaga sumamente importante con efectos devastadores en la producción de café cuando no se controla, siendo así que pequeños focos de infestación no controlados podrían llegar a infestar el 100% del área.

Manejo integrado de la broca del café

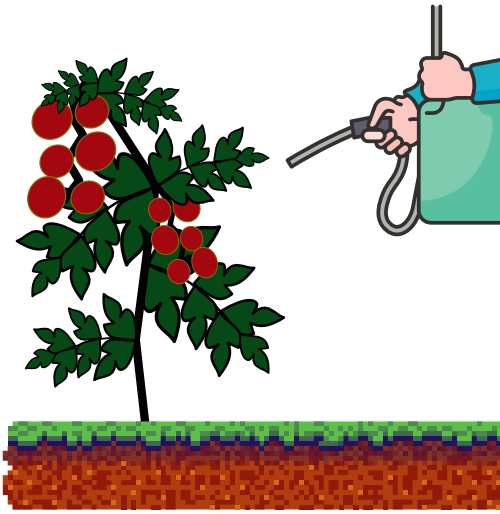
Para lidiar con la broca del café se utilizan diferentes métodos complementarios que tienen como objetivo principal el control de este diminuto insecto. Dentro de los métodos de control utilizados están el control cultural, el control etológico o de comportamiento, el control químico, y finalmente, el control biológico.

El **control cultural** consiste en prácticas agrícolas que nos permitan bajar las poblaciones del insecto. Este método de control se basa en mantener plantas saludables a través de podas, regular la sombra, recolectar frutos caídos que puedan ser usados como material de infestación, así como la recolecta de frutos prematuros en las ramas. Así también, la toma de registros para conocer el inicio de la floración y con ello conocer puntos en el calendario donde pueda darse una posible infestación.

El **control etológico o de comportamiento**, se refiere al método en que se aprovecha la información conocida sobre compuestos volátiles que sirven para atraer a la broca del café.

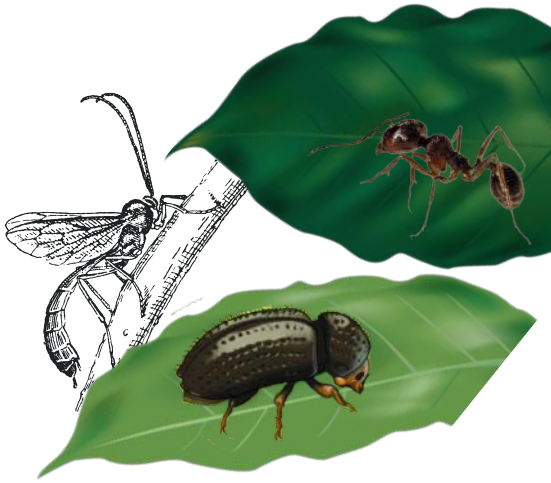
Se conoce que la broca del café es atraída a una mezcla de alcoholes (metanol:etanol) y que se colocan en trampas para su captura. Estas trampas normalmente son elaboradas a través del reciclaje de envases de refresco en los que se deja una ventana para el ingreso de los insectos y siendo capturados por una solución agua y jabón o agua y propilenglicol (10%). Este método logra sin duda la captura de grandes cantidades de hembras voladoras o también llamadas colonizadoras.

En el **control químico**, se utilizan generalmente insecticidas como último recurso cuando los métodos anteriores son insuficientes y las poblaciones de la plaga son considerablemente grandes. Sin embargo, el control químico presenta varias desventajas, generalmente no distingue entre la población de insectos benéficos y la población de la plaga, por lo cual termina afectando la entomofauna asociada al cafetal.



De igual manera, se sabe que el uso de insecticidas genera resistencia en los insectos plaga, provocando además contaminación al medio ambiente debido a algunos compuestos de residuo.
Finalmente, este tipo de control también resulta ineficiente ya que considerando el ciclo biológico de la broca, la mayor parte de su vida permanece dentro de los frutos de café, siendo así que los compuestos utilizados no lleguen hacia dentro del fruto.

Finalmente, el **control biológico** es un método en el cual se utilizan otros organismos para el control de la broca del café, y en donde se han utilizado ampliamente hongos entomopatógenos como *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*; hormigas depredadores y avispas parasitoides que afectan diferentes estados de la broca del café. Hablaremos en la siguiente sección sobre los parasitoides comúnmente usados en el control de la broca del café.



Existen alternativas para el control de plagas que son amigables con el ambiente que nos rodea

Los aliens de la naturaleza

Existen dos parasitoides ampliamente utilizados en el control biológico de la broca del café, *Cephalonomia stephanoderis* y *Prorops nasuta*. Estos parasitoides son de origen africano, *C. stephanoderis* tiene su origen en Costa de Marfil y *P. nasuta* tiene su origen en Uganda.

Estas especies se introdujeron a algunas zonas cafetaleras de América en la década de los 80's. Ambos parasitoides pertenecen a la familia Bethylidae, que es un grupo de avispas con aguijón con potencial para parasitar o depredar larvas de otros insectos.

Prorops nasuta y *Cephalonomia stephanoderis* son especies de avispitas "aliens" en las que se ha observado similitudes biológicas y ecológicas (Figura 3). Ambas especies actúan como depredadoras de su hospedero.

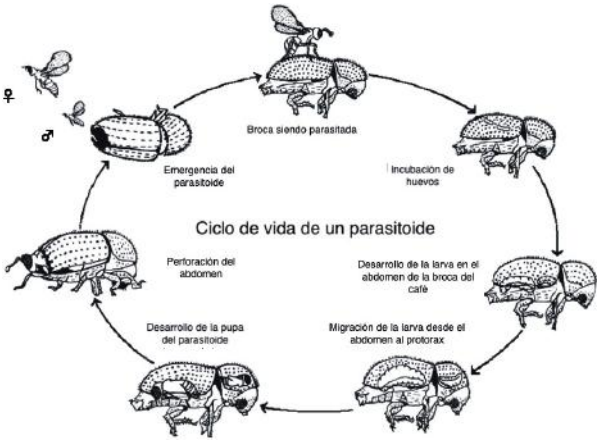
Los parasitoides inmovilizan a su víctima con su veneno, la decapitan, para alimentarse de su sangre

Figura 3. Vista dorsal de *Prorops nasuta* (izquierda) y *Cephalonomia stephanoderis* (derecha).

Al igual que en la película, los "aliens" se dedicaban a buscar y cazar a sus hospederos humanos; en este caso, estas avispas pequeñas desarrollan todo su ciclo de vida en el interior de frutos brocados. Inicialmente, las avispas hembras se posan sobre dichos frutos y se introducen a través del orificio que ha hecho la broca, buscando a sus víctimas. Una vez que las localiza, ataca a los adultos paralizándolos con su veneno, para después decapitarlas y alimentarse de su sangre (hemolinfa). Después, con su ovipositor coloca un huevo a un costado de larvas grandes, prepupas y pupas de donde nace una larva que, lentamente se va alimentando absorbiendo los líquidos internos de los inmaduros de la broca.

Los huevos de estas avispas parasitoides se colocan en la parte externa del hospedero, por ello se considera que estas avispas aliens son ectoparasitoides, pues a diferencia de los Xenomorphos de la película Alien, estas avipas colocan los huevos en el exterior de su hospedero, usualmente los depositan en la región dorsal o dorso ventral. Estos huevos son muy pequeños, apenas visible al ojo humano, son de forma elíptica y blancos traslucidos.

Una vez que el huevo ha sido colocado, hay un tiempo de espera de 2 a 3 días para que de ese pequeño huevo emerja una larva hambrienta y desesperada por alimentarse del cuerpo en donde fue colocado inicialmente. La coloración de las larvas va cambiando conforme se desarrollan, pasando de casi traslucido a un color blanco lechoso o blanco. Cuando las larvas de los aliens se han devorado completamente a su hospedero, logran completar su desarrollo en donde formarán un capullo para continuar su transformación y desarrollarse hasta llegar a ser un adulto, el cual buscará nuevos frutos con brocas para seguir desarrollando su progenie, si en el interior de dichos frutos no encuentra inmaduros de brocas, abandona el fruto y continúa su búsqueda.



En condiciones controladas de humedad y temperatura, el ciclo biológico completo de estas avispas parasitoides desde la puesta del huevo hasta la llegada del adulto es de 26-31 días aproximadamente. En ambas especies, la proporción de hembras es mayor, 5 hembras por cada macho.

Es importante señalar una curiosidad de estas avispas parasitoides y es que pueden tener descendencia aún sin necesidad de aparearse, pues pueden reproducirse por **partenogénesis** dando como resultado progenie masculina partenogenética y las hembras nacen únicamente por reproducción sexual. Además, se ha estimado también el tiempo de vida de estas pequeñas avispas, donde se menciona que pueden llegar a vivir en promedio 70 días y una longevidad máxima de hasta 167 días.

Uno de los aspectos importantes a considerar en el control biológico es la competencia por un mismo recurso. ¿Te imaginas a dos especies de alíen peleando por la misma comida? En ese sentido, la competencia entre las avispas parasitoides africanas *C. stephanoderis* y *P. nasuta* se ha estudiado en laboratorio, donde se han utilizado frutos de café infestados por broca.

Cuando se han evaluado juntos en un mismo tiempo y espacio, *C. stephanoderis* produce en general más descendencia que *P. nasuta* bajo condiciones de 29 °C. Por otra parte, *P. nasuta* es más exitoso a 18°C. Estos datos ayudan a saber bajo que temperatura son más eficientes cada una de las especies y como utilizarlas en campo.

Es importante señalar que ambos parasitoides evitan depositar sus huevos en huéspedes previamente parasitados. Se sabe además que, ninguna de las avispas es agresiva cuando se presenta la otra especie y que tampoco hay interferencia cuando están fuera de los frutos de café.

En campo, los parasitoides enfrentan además un gran reto, ya que deben poder localizar a sus víctimas, de las cuales se alimentarán y así garantizar su futuro a través de nuevas generaciones de estos aliens. En este punto, entre más rápido localice una fuente de alimentación y oviposición más se garantiza la efectividad en el control de los insectos plaga.

La búsqueda de hospedero por parte de estos parasitoides, así como de muchos insectos en general, se lleva a cabo utilizando diversos estímulos, que van desde los químicos, a través de los diferentes compuestos volátiles que son emitidos por una fuente atractiva para los insectos; y físicos, que involucran cuestiones como el color, el tamaño y la forma. Nuestros aliens aliados para el control de la broca, utilizan diferentes compuestos provenientes de frutos dañados por la broca, así como de los desechos de los estados inmaduros y adultos de la broca.

Los parasitoides buscan constantemente fuentes de alimentación a través de los olores que generan sus victimas

Perspectivas

El café en México es un cultivo importante del cual dependen miles de familias, sin embargo, las plagas que amenazan la producción de café a nivel nacional afectan su estabilidad. Controlar eficientemente las plagas es necesario para el bienestar del cafetal y de las familias que dependen de él.

El control biológico es una de las estrategias de control de plagas que puede ser exitoso si se utiliza sobre todo en conjunto con otras técnicas amigables con el medio ambiente. El uso de parasitoides en la agricultura cada día es más frecuente. Las especies de avispas parasitoides se pueden criar de manera artificial en laboratorios, pero también se pueden realizar crías rurales que no requieren equipos sofisticados, en las cuales es necesario tener café brocado y un pie de cría de las avispas parasitoides.

Mientras más cafeticultores conozcan los beneficios de utilizar avispas en el control biológico de broca en el campo, se librará no solo de las plagas, sino también de los efectos nocivos del uso indiscriminado de plaguicidas.

Afortunadamente la relación que existe entre las plagas y sus parasitoides suele ser sumamente estrecha.

Tal es el grado que generalmente han coevolucionado. El parasitoide depende de la plaga para reproducirse y generalmente es tan específico que no afecta a otras poblaciones de insectos. Tampoco compromete la salud humana, no son vectores de enfermedades, por lo cual su uso además de ser favorable para combatir las plagas de los cultivos no representa riesgos al campo ni a los productores.

Agradecimientos

Al laboratorio de control biológico de El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Unidad Tapachula.

Conceptos

Parasitoide, organismo que se alimenta de otro para poder desarrollarse a costa de la muerte de ese organismo.

Control biológico, es un método de control de plagas que utiliza a los enemigos naturales de estos tales como depredadores, parasitoides u hongos entomopatógenos, así como el uso de bacterias y virus.

Sistema rusticano o montaña, es cuando se siembran plantas de café que sustituyen a plantas arbustivas y herbáceas en el suelo de bosques o selvas.

Hospedero, es un organismo donde un parasitoide se alimenta y alcanza su etapa adulta.

Partenogenesis, es un tipo de reproducción unisexual en el que las hembras pueden producir descendencia sin la necesidad de ser fecundadas por un macho.

Para Consulta

- Bacca T, Benavides MP. 2014. Evaluación de temperaturas y diferentes estados biológicos de broca de café para la cría masiva del parasitoide *Prorops nasuta* (Hymenoptera: Bethylidae). Bol Cient Mus Hist Nat U de Caldas 18(1): 175-187.
- Barrera JF. 2005. Investigación sobre la broca del café en México: logros, retos y perspectivas. En: Simposio sobre Situación Actual y Perspectivas de la Investigación y Manejo de la Broca del Café en Costa Rica, Cuba, Guatemala y México. Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. Tapachula, Chiapas, México (pp. 1-13).
- Infante F, Mumford J, Baker P, *et al.* 2001. Interspecific competition between *Cephalonomia stephanoderis* and *Prorops nasuta* (Hym., Bethylidae), parasitoids of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Col., Scolytidae). Journal of Applied Entomology 125(1-2): 63-70.
- Infante F, Mumford J, Baker P. 2005. Life history studies of *Prorops nasuta*, a parasitoid of the coffee berry borer. BioControl 50: 259-270.
- Nair PKR, Kumar BM, Nair VD. 2009. Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 172: 10–23.
- Nestel D, Dickschen F, Altieri MA. 1993. Diversity patterns of soil macro-Coleoptera in Mexican shaded and unshaded coffee agroecosystems: an indication of habitat perturbation. Biodiversity & Conservation 2: 70-78.

- Perfecto I, Rice R, Greenberg R, *et al.* 1996. Shade coffee: A disappearing refuge for biodiversity. BioScience 46: 598-608.
- Perfecto I, Mas A, Dietsch T, *et al.* 2003. Conservation of biodiversity in coffee agroecosystems: a tri-taxa comparison in southern Mexico. Biodiversity & Conservation 12: 1239-1252.
- Pineda E, Moreno C, Escobar F, *et al.* 2005. Frog, bat, and dung beetle diversity in the cloud forest and coffee agroecosystems of Veracruz, Mexico. Conservation Biology 19: 400-410.
- Trejo SA, Tulio FM. 2021. Estudio de caso: Cría de parasitoides para el manejo integrado de la broca del café. Bioeconómia y desarrollo productivo. IHCAFE. 15

Crédito de imágenes en orden de aparición: Michael Burrows (Pexels, P), rawin, Heather Broccard-Bell (Getty Images, GI), Kate Creative Studio, Jakkapan21´s Images, Zuperia, Kamchatka, Giuseppe Ramos J, vectorwin, ivandesing, Ahmad wahyu kurniawan, karyative, elpidio costa junior (GI), robuart, Anna Subbotina, andresr (GI), koyjira (GI), baddesigner, Janny_Bond, Rehanne Martinez (Sparklestroke), iconsy, OpenClipart-Vectors (Pixabay, Pi), Eucalyp (amethyststudio), MarCuesBo (Pi), Diego Solas (Trendify), meecoffe-Parinya, Billion Photos, Aycan Engin, Young_n (Pi), Manuel Chinchilla (GI), Marcusmarcus, rivatxfz, TinaFields (GI), Craftery Co, Pretty woman, BlueRingMedia (GraphicsRF), pavelnaumov, sparklestroke, iconfield, NotionPic, ponizeothox, rafyfane, Vectortradition, Wasan Tita (GI), ArtStudio Images, urf (GI).

Diseño de publicación: Yareli Tiburcio

Jassmin Cruz Bustos

Técnico Académico en ECOSUR , laboratorio de control biológico del Departamento de Ecología de Artrópodos y Manejo de Plagas. interesada en la ecología y comportamiento de insectos, así como la entomología aplicada con el uso de agentes de control biológico.

Javier de la Rosa-Cancino

Técnico Académico en ECOSUR, laboratorio de control biológico del Departamento de Ecología de Artrópodos y Manejo de Plagas. Interesado en el manejo integrado y holístico de plagas con importancia económica y en agroecosistemas tropicales.

Wilmar de la Rosa-Cancino

Investigador posdoctoral en la Universidad de Guadalajara , División de Ciencias Exactas, Naturales y Tecnológicas, en el área de Agrobiotecnología. Interesado en el manejo de plagas de una manera sustentables y a las interacciones insecto-planta y su ecología química asociada.

contacto: will.delarosa@cusur.udg.mx