



NEMATODOS ENTOMOPATÓGENOS: GUACAMOLE Y “SUPER BOWL”

Isaac Zepeda-Jazo, Oscar Giovanni Gutiérrez-Cárdenas, María Guadalupe Sánchez-Saavedra¹

¹ Genómica Alimentaria, Universidad de La Ciénega del Estado de Michoacán de Ocampo, aizepeda@ucemich.edu.mx.

El aguacate es un cultivo de gran importancia económica en México y en el extranjero. Por ejemplo, es una de las botanas predilectas y más tradicionales para disfrutar en el Super Bowl (la gran final de la NFL en EE. UU.). Este cultivo se ve afectado por diversas plagas que causan daños significativos en los frutos y en los árboles.

Tradicionalmente, el control de plagas se basa en la aplicación de insecticidas químicos. Sin embargo, el uso excesivo e irracional de esas sustancias tiene efectos negativos sobre el ambiente y la salud, además de con el paso de los años se desarrolla resistencia; es decir, que el insecto ya no se ve afectado por el plaguicida. Por ello se ha promovido la búsqueda de alternativas más sanas y sostenibles que perduren sin afectar el ambiente, como el control biológico de plagas.

Una estrategia es el uso de microorganismos con capacidad de producir enfermedad en los insectos como los nematodos entomopatógenos (NEPs), que han sido objeto de revisión y estudio para el control de plagas en diversos cultivos, incluyendo el aguacate. Los NEPs son microorganismos que obligadamente parasitan e infectan a las plagas y les causan la muerte.

Al enfermar de forma específica a ciertas especies, no representan un peligro para otros organismos que no sean el objetivo de control, como las abejas o los humanos. En esta revisión se presenta el panorama general del cultivo de aguacate en Michoacán, su importancia en la exportación y consumo durante el Super Bowl, las principales plagas que aquejan el cultivo y el uso de los NEPs como una alternativa de control biológico viable y prometedora para el manejo de insectos plaga.

Palabras clave: control biológico, plagas agrícolas, sustentabilidad.

AGUACATE

El aguacate, cuyo nombre científico es *Persea americana*, es una de las 85 especies del género *Persea* que tienen su origen en las regiones tropicales y subtropicales de Centroamérica y México (Barrientos *et al.*, 2007).

El cultivo del aguacate inició hace aproximadamente 7,000 a 9,000 años en Mesoamérica, y con el intercambio comercial entre diferentes civilizaciones se distribuyó y adaptó a diferentes partes del continente. Con una superficie de más de 200,000 hectáreas cose-

chadas de aguacate, lo que equivale a casi el doble que la superficie de la capital del Estado de Michoacán, Morelia; y una producción superior a dos millones de toneladas anuales, el aguacate es uno de los principales cultivos perennes o plantas que viven más de dos años que se encuentran presentes en México y hacen de este país el primer productor mundial. Actualmente el estado de Michoacán es el mayor productor de aguacate en México, ya que cada año aporta el 80 % de la producción nacional y ocupa una superficie de 134,941 hectáreas que producen un millón 725 mil toneladas de aguacate, que equivalen a casi 40 mil millones de pesos.

Al ser un producto mayormente destinado a la exportación, el aguacate es uno de los cultivos más demandantes en el manejo fitosanitario, pues se requieren medidas para evitar plagas y enfermedades que limiten su aceptación en el mercado; además, tales medidas deben ser en la mayoría de los casos biológicas por la importancia del aguacate en la exportación.

El disminuir o evitar el uso de insecticidas químicos, trae como consecuencia una mayor aceptación en el mercado internacional y con ello un incremento en los precios de comercialización.

IMPORTANCIA DEL CULTIVO, PROBLEMÁTICA Y ALTERNATIVAS

Aunque la población mexicana es una consumidora importante de aguacate, gran parte de la producción se exporta a diversos países como Australia, Chile, China, entre otros, donde destacan los Estados Unidos de Norteamérica.

En particular, en este país el año pasado cada ciudadano consumió en promedio 4 kg de guacamole; en México es casi el doble. Durante la temporada y celebración del Super Bowl, este platillo oriundo mexicano ocupa el tercer lugar en consumo durante este evento (Figura 1).

Cabe destacar que el 80 % del aguacate consumido durante esas fechas proviene de México. Sin embargo, la producción de frutos de este cultivo se ve limitada por diversos



Figura 1. Nematodo y su relación con el Super Bowl creación propia.

problemas de plagas que ponen en riesgo el abastecimiento nacional e internacional.

Las principales son:

Escarabajo barrenador de ramas del aguacate. La larva o gusano perfora la rama hasta llegar a la médula, lo que provoca daño en las hojas (defoliación), la interrupción de flores y con ello que los frutos se marchiten. Cuando las ramas con frutos se infestan con altas poblaciones de estos insectos se quiebran y con ello se pierde la cosecha (Equihua *et al.*, 2007).

Escarabajo barrenador del fruto y la semilla. Las larvas perforan el fruto hasta llegar a la semilla y como producto de desecho se observa un polvo color café similar al aserrín (Garbanzo, 2011), al final el fruto pierde consistencia lo que afecta negativamente su apariencia y sabor.

Trips. Tanto las larvas como los adultos de estos insectos causan daños al lesionar principalmente el fruto tierno y flores del aguacate, con lo que provocan deformaciones y afectan su apariencia para la venta (Campos *et al.*, 2017), sin embargo, no se ha reportado que pueda cambiar el sabor del fruto.

Ácaros fitófagos. Estas pequeñas arañas absorben la savia de brotes nuevos, flores, hojas y frutos en formación, lo que puede causar el amarillamiento de las hojas (enfermedad conocida como clorosis) y la pérdida de las hojas del árbol (Campos *et al.*, 2017).

Para disminuir el impacto de estas plagas, el productor se ve obligado a la aplicación de plaguicidas, sin embargo, las limitantes impuestas en la aplicación de productos químicos en aguacate como producto de exportación para el manejo de plagas, acentúan la necesidad de una alternativa sostenible para su manejo como lo es el control biológico (González *et al.*, 2000) además de que prácticamente todos los insectos considerados plaga han desarrollado o pueden desarrollar algún nivel de resistencia a los insecticidas químicos.

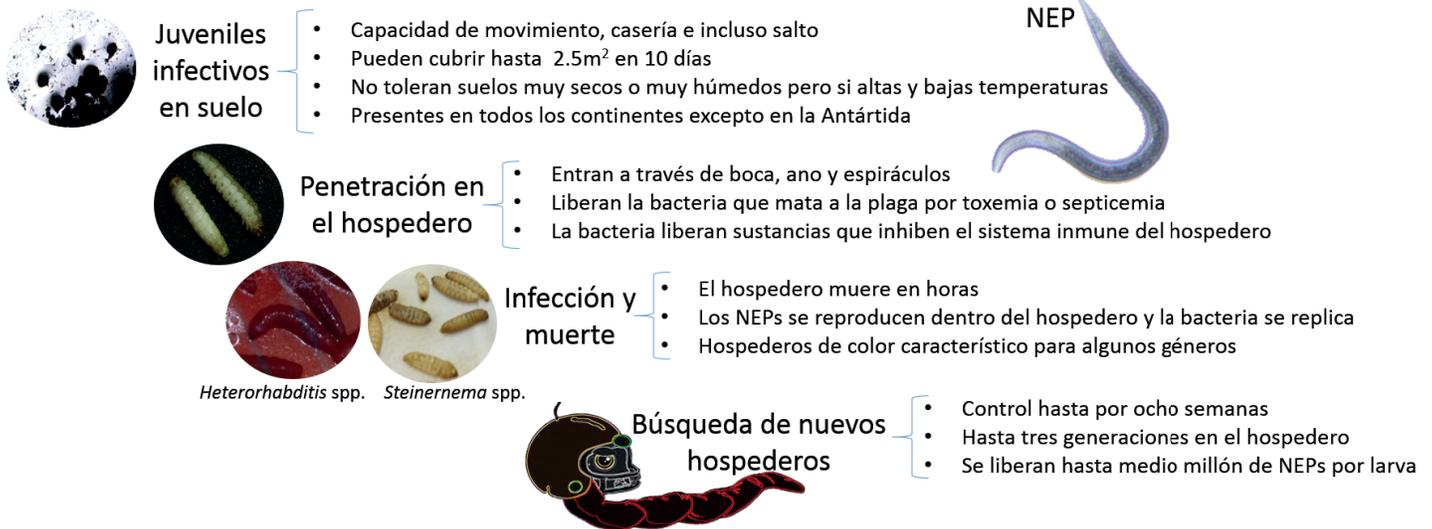


Figura 2. Características y proceso de infección de NEPs (Elaboración propia).

El control biológico, es una alternativa al uso de insecticidas químicos, consiste en el uso de enemigos naturales nombrados parasitoides que usan al insecto para reproducirse, depredadores que se alimentan de las plagas y entomopatógenos que enferman insectos para mantener una baja densidad de plagas.

Nicholls-Estrada (2008) define el control biológico en tres tipos: el clásico que se basa en el uso de especies exóticas que no son propias del lugar cuando no existen enemigos naturales nativos; el aumentativo que favorece el desarrollo de las poblaciones de enemigos de plagas mediante la liberación constante de numerosos individuos en los campos agrícolas; y el control biológico por conservación busca proteger y mantener las poblaciones de los enemigos naturales de las plagas que habitan en las tierras agrícolas y que ya ejercen un control sobre la plaga.

Los NEPs, son una especie de gusanos redondos con capacidad de uso como insecticidas microbianos, es decir tienen la capacidad y necesidad de parasitar y consumir insectos para su desarrollo y reproducción. Los NEPs con mayor potencial para el manejo de plagas agrícolas son de los géneros *Steinernema* y *Heterorhabditis* (Adams y Nguyen, 2002) y recientemente se han reportado nuevas especies de nematodos en México con potencial entomopatógeno como *Oscheius*

myriophilus, *Pristionchus* spp y *Rhabditis* spp.

Los nematodos entomopatógenos se caracterizan por su asociación mutualista con bacterias, es decir, mantienen una relación en la que ambos organismos se benefician; al nematodo le sirve a la bacteria como vehículo para penetrar al insecto y las bacterias tienen la cualidad de producir una infección sobre la plaga y matarla (Adams y Nguyen, 2002), una vez muerta la plaga, los NEPs se alimentan y se reproducen dentro de ella.

Los nematodos poseen diversas ventajas, tales como una elevada variedad de hospedantes, se reproducen masivamente y son fácilmente aplicados en campo (Hazir *et al.*, 2022), su efecto puede ser superior al químico llegando a matar incluso el 100 % de los insectos plaga ya que además de su poder infectivo, estos tienen la capacidad de búsqueda.

Los nematodos también llamados “gusanos redondos” son de muy pequeño tamaño que va de entre 3 y 10 cabellos humanos de ancho y cuyo movimiento puede visualizarse a simple vista, son largos y tubulares y tienen el cuerpo no segmentado, es decir, que no se distinguen las diferentes partes que lo componen.

El ciclo de vida de los NEPs consta de varias fases: huevo, cuatro estadios juveniles y adulto. Estos se ven atraídos por los insectos u hospederos por señales químicas e incluso por su respiración, buscan a su hospedante y se distribuyen en el suelo con la característica de ponerse erguidos e incluso saltar (Hazir et al., 2022), el nematodo cuya fase que produce la infección se denomina juvenil infectivo, con su alta capacidad de moverse encuentra a la plaga y la penetra a través de la boca, ano y a través de estructuras por donde respiran los insectos llamadas espiráculos.

Una vez dentro del insecto, los nematodos liberan la bacteria que se multiplica en la hemolinfa o sangre del hospedero y la plaga muere entre 24-48 horas después del contacto (Hazir et al., 2022) (Figura 2).

Para multiplicar los NEPs se puede hacer mediante técnicas in vivo es decir dentro de un organismo usado como sustrato. La técnica es simple, se usan larvas de insectos, estas se ponen en contacto con la especie de NEP a multiplicar y una vez parasitadas y reproduciéndose el nematodo en gran número (millones), estos se aplican mediante el riego agrícola o aspersión.

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

A nivel mundial, el uso de NEPs en el control de plagas del aguacate ha mostrado resultados prometedores en estudios en laboratorio y campo donde se ha constatado su virulencia sobre insectos perforadores conocidos en la ciencia como barrenadores, gallina ciega, mariposas como la del gusano cogollero del maíz y ácaros; por lo que pueden ser una alternativa viable para disminuir el uso de agroquímicos en cultivos agrícolas y en el caso particular del cultivo de aguacate, mediante el uso de NEPs se puede asegurar el abastecimiento mundial y por ende la disponibilidad de guacamole para disfrutar el Super Bowl en los próximos años sin afec-

tar a los agro ecosistemas. En la Universidad de La Ciénega del Estado de Michoacán de Ocampo (UCEMICH) se desarrollan proyectos enfocados al uso de nematodos entomopatógenos, donde se cuenta con algunos nematodos nativos identificados ya a nivel de especie; además, se explora su capacidad de infectar otras plagas regionales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adams, B. J. & Nguyen, K. B. (2002). Taxonomy and systematics. En: R. Gaugler (Ed.), *Entomopathogenic Nematology*. (pp. 1-34). New York: CABI. <https://doi.org/10.1079/9780851995670.0001>
- Barrientos, P. A. F. Muñoz, P. R. B. Reyes, A. J. C. Borys, M. W. & Martínez, D. M. T. (2007). Taxonomía, cultivos y portainjertos En D. Téliz-Ortiz, & A. A. Mora (Eds.), *El aguacate y su manejo integrado*. (pp. 31-62) México, D. F.: Mundi Prensa.
- Campos, J. R. Reyes, A. E. & Eugenia, D. C. L. C. (2017). Inocuidad en aguacate: Inocuidad y trazabilidad en los alimentos mexicanos. Guadalajara: CIATEJ. Obtenido de: <http://ciatej.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1023/634>
- Equihua, M. A. Estrada, V. E. González, H. H. Gasca, C. L. Salinas, C. A. Gonzales, A. J. Mora, A. G. & Téliz-Ortiz, D. (2007). El aguacate y su manejo integrado. *Plagas*. En: D. Téliz-Ortiz & A. A. Mora (Eds.), (pp 133-165) México, D. F.: Mundi-Prensa.
- Garbanzo, M. (2011). *Manual de aguacate: buenas prácticas de cultivo variedad Hass*. 2 ed. San José: Ministerio de Agricultura y Ganadería. Obtenido de: <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-4259.pdf>.
- González, H. H. Johansen, R. Gasca, C. Equihua, A. Salinas, C. Estrada, E. D. & Valle, A. (2000). *El aguacate y su manejo integrado*.

Plagas del aguacate. En D. Téliz y Mora, A. A. (Eds.), (pp. 117-136). México, D. F.: Ediciones Mundi-Prensa.

- Hazir, S. Kaya, H. Touray, M. Çimen, H. & Shapiro, I. D. (2022). Basic laboratory and field manual for conducting research with the entomopathogenic nematodes, *Steinernema* and *Heterorhabditis*, and their bacterial symbionts. *Turkish Journal of Zoology*, 46 (4): 305-350. <https://doi.org/10.55730/1300-0179.3085>
- Nicholls-Estrada, C. I. (2008). Control biológico de insectos. Un enfoque agroecológico. Antioquia: Editorial Universidad de Antioquia. Obtenido de: <https://archive.foodfirst.org/wp-content/uploads/2016/01/Control-biologico-de-insectos-un-enfoque-agroecologico.pdf>. *Turkish Journal of Zoology*, 46 (4): 305-350.
- Nicholls-Estrada, C. I. (2008). Control biológico de insectos. Un enfoque agroecológico. Antioquia: Editorial Universidad de Antioquia.