

Uso de hongos contra moscas de la fruta: ¿una alternativa al uso de plaguicidas?^φ

Norberto Alejandro Angel-Ruiz^{1, 2}, Diana Pérez-Staples², Pablo Colunga-Salas^{2*}

Introducción

Los hongos son el tercer grupo de organismos más diverso en el mundo con alrededor de 2.2 a 3.8 millones de especies (Hawksworth y Lücking 2017). Algunos hongos tienen la capacidad de infectar artrópodos, por lo que son conocidos como entomopatógenos (HE). Los HE tienen el potencial de ser usados como control biológico para plagas de insectos de importancia agrícola, pecuaria y veterinaria, así como insectos de interés en salud pública, como los mosquitos y garrapatas (Fig. 1).



Figura 1. Hembras de *Anastrepha ludens* infectadas con *Beauveria bassiana* al primer día post mortem (A), al segundo día (B) y al tercer día (C).

^φ Posgrado en Ciencias en Ecología y Biotecnología Aplicada, Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada, Universidad Veracruzana, Xalapa-Enríquez, Veracruz, México.

² Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada, Universidad Veracruzana, Xalapa-Enríquez, Veracruz, México. * email: pcolunga@uv.mx

DOI: <http://doi.org/10.56369/BAC.5558>



Una de las plagas con alto riesgo fitosanitario, y que genera pérdidas millonarias en la fruticultura, son las moscas de la fruta: la mosca mexicana de la fruta *Anastrepha ludens*, la mosca de las ciruelas *Anastrepha obliqua*, la mosca de los zapotes *Anastrepha serpentina*, la mosca de las guayabas *Anastrepha striata*. También, se incluyen especies no nativas como la mosca del mediterráneo *Ceratitis capitata*. Debido a la importancia económica de estos insectos, las poblaciones silvestres son controladas mediante el manejo integral de plagas (MIP) en el que se emplean técnicas complementarias enfocadas en mantener las poblaciones al mínimo o en el caso de especies no nativas, lograr su erradicación. Debido al impacto económico y social que representan estas plagas, se han buscado técnicas para controlarlas incluyendo el uso de hongos entomopatógenos en el MIP. El objetivo de este trabajo es describir el potencial del uso de hongos entomopatógenos para el control de las moscas de la fruta.

Ciclo biológico

A nivel mundial las moscas de la fruta son una de las plagas de mayor importancia en el sector frutícola, siendo los géneros *Anastrepha*, *Bactrocera* y *Ceratitis* los de mayor importancia. El género *Anastrepha* es originario de la región neotropical, *Ceratitis* de la afrotropical y *Bactrocera* extendiéndose desde la región afrotropical a la indo-australiana.

Los daños causados por las moscas de la fruta a los cultivos pueden ser de tipo directo o indirecto. El daño directo es ocasionado por las hembras al introducir el aparato ovipositor en los frutos (generando un primer daño en el fruto) depositando huevecillos que posteriormente dan lugar a larvas que se alimentan del fruto causando la pérdida total de éste. Por otro lado, el daño indirecto puede ser causado por patógenos, como hongos y bacterias, que infectan el fruto a través de las lesiones ocasionadas por la mosca al introducir los huevos en el fruto (He *et al.* 2023).

*“A nivel mundial las moscas de la fruta son una de las plagas de mayor importancia en el sector frutícola, siendo los géneros *Anastrepha*, *Bactrocera* y *Ceratitis* los de mayor importancia.”*

El conocimiento del ciclo biológico de estas moscas es importante al momento de controlarlas. El ciclo biológico consta de cuatro estadios que son (1) huevo - ovipositados en los frutos, (2) larvas - emergen de los huevos de 3 - 5 días después de la oviposición y constan de tres etapas o instars, (3) pupa - larvas de 15 días o del tercer instar, salen del fruto y se entierran en el suelo a no más de 15 centímetros para poder pupar y (4) adultos - emergen de las pupas a los 18 días y después de 15 días son sexualmente maduros y capaces de continuar con el ciclo (Aluja 1994) (Fig. 2). En el MIP, la aplicación de distintos métodos de control puede afectar a ciertos estadios de desarrollo y por consiguiente se pueden establecer métodos de control viables para cada etapa de la vida del insecto.

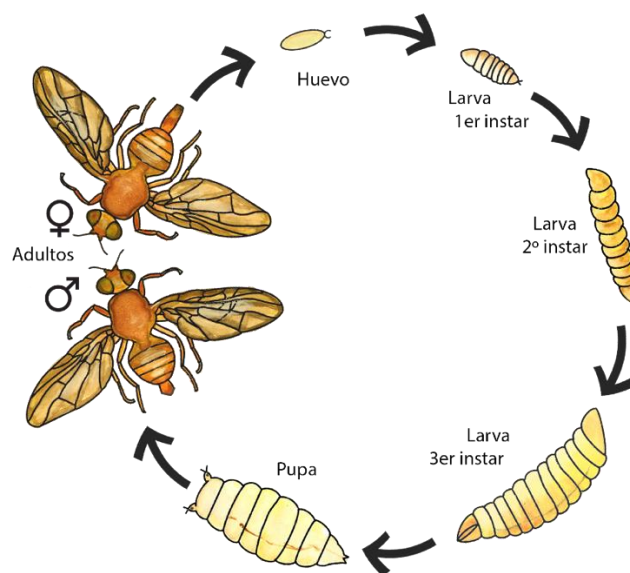


Figura 2. Ciclo biológico de las moscas de la fruta.

Situación en México

En México, el género *Anastrepha* es el que más pérdidas económicas genera en la fruticultura y cuenta con aproximadamente 184 especies de las cuales sólo siete son plagas de importancia económica, entre las que se encuentran *A. ludens*, *A. obliqua*, *A. striata* y *A. serpentina* (Aluja 1994).

La implementación del MIP se divide en actividades de monitoreo y de control. En la primera se emplean trampas cebo para confirmar la presencia de la plaga por captura de ejemplares de la especie de interés en zonas de riesgo fitosanitario. La segunda actividad se realiza con técnicas químicas y biológicas. Una opción es suprimir la plaga en estadios inmaduros y adultos con el uso de insecticidas, como el malatión (método químico), aunque su uso indiscriminado puede traer efectos nocivos a la salud y al ambiente (Salcedo-Baca *et al.* 2010). Además, al ser un pesticida de amplio espectro, el malatión no solo afecta a las poblaciones plaga sino también a otros artrópodos como polinizadores y descomponedores de materia (van der Werf 1996).

Se puede emplear la técnica del insecto estéril (TIE), en la cual se liberan insectos estériles de la especie a combatir para que éstos puedan aparearse con los individuos silvestres y no generar descendencia. Al favorecer este tipo de apareamiento se reduce el tamaño poblacional de las moscas en el sitio de implementación de la TIE. Sin embargo, el éxito de la técnica depende del éxito en la lucha del macho estéril contra el macho silvestre por aparearse, por lo que esta técnica pierde efectividad en poblaciones silvestres grandes (Montoya *et al.* 2020).

Ciclo de vida de hongos entomopatógenos

Una de las alternativas al uso de pesticidas es la implementación de hongos entomopatógenos (HE) los cuales, a diferencia de los pesticidas, no generan residuos en el suelo ni en agua. Además, no son tóxicos para animales ni humanos lo cual los hace candidatos potenciales para su uso como control biológico en poblaciones de insectos plaga (Jaronski 2014).

El ciclo de vida de los HE comienza cuando las esporas en el suelo, o en cadáveres de insectos infectados, son transportadas a través del viento, o por contacto directo, a otros insectos. Posteriormente, las esporas germinan y penetran el exoesqueleto (caparazón del insecto) para llegar al hemocele (parte interna del insecto). Esta colonización gradual ocurre cuando el hongo comienza a crecer, dañando tejidos y produciendo toxinas, ocasionando la muerte del hospedero. Posterior a la muerte del hospedero, las estructuras reproductivas del HE emergen del cuerpo para continuar con el ciclo (Skinner *et al.* 2014) (Fig. 3).

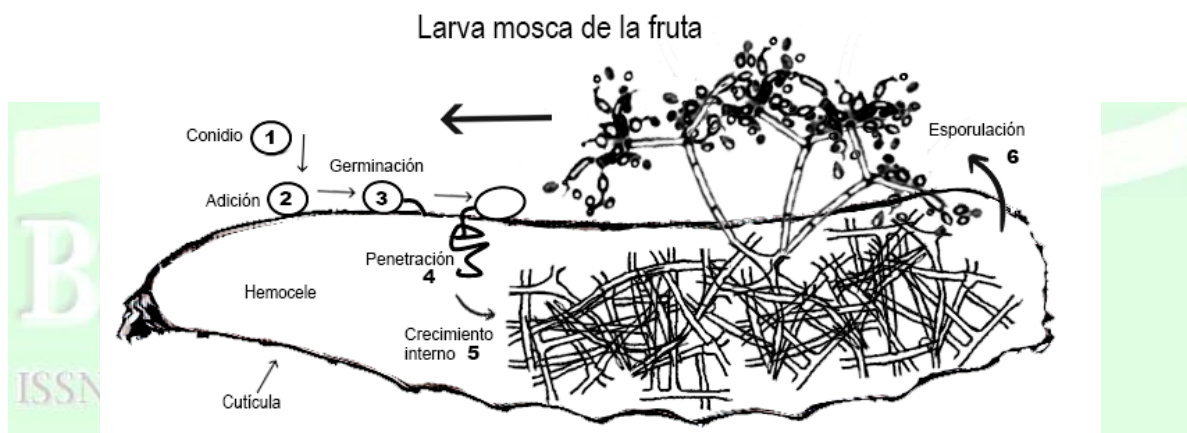


Figura 3. Ciclo de vida de un hongo entomopatógeno sobre la mosca de la fruta.

El estudio sobre el efecto de los HE en insectos plagas es muy amplio y su efecto en las moscas de la fruta no es la excepción. En pruebas de laboratorio y campo se han observado cambios asociados a HE en funciones biológicas y conductuales en diversas especies de moscas de la fruta. *Metarhizium* y *Beauveria* son dos de los géneros de HE más estudiados contra moscas de la fruta. Se ha reportado mortalidad en especies de los géneros *Anastrepha*, *Bactrocera*, *Ceratitis*, y *Rhagoletis*, entre otros. Estos estudios han demostrado la mortalidad asociada a diferentes cepas de HE en todos los estadios de vida de distintas moscas de la fruta (Shaurub 2023). *Metarhizium anisopliae* ha causado mortalidad de hasta el 90% y 35% en adultos de *Rhagoletis cerasi* y *C. capitata*, respectivamente (Daniel y Wyss 2009, Soliman *et al.* 2020), mientras que *Metarhizium brunneum* ha causado mortalidad de hasta el 50% en *Bactrocera oleae* (Yousef *et al.* 2017).

“Una de las alternativas al uso de pesticidas es la implementación de hongos entomopatógenos (HE) los cuales, a diferencia de los pesticidas, no generan residuos en el suelo ni en agua.”

En *Anastrepha fraterculus* se reportó hasta el 96% de mortalidad (en larvas, pupas y adultos) cuando las larvas son expuestas directamente a *M. anisopliae*. En individuos expuestos en estadio de pupa, únicamente se tuvo 11% de mortalidad. Esta disminución en la mortalidad se atribuye al endurecimiento de la cutícula al formarse la pupa, impidiendo así la penetración de patógenos a través de ésta (Chaneiko *et al.* 2019). Sin embargo, cuando las larvas a punto de pupar son expuestas a suelos previamente inoculados con *M. anisopliae*, existe un 86% de mortalidad basada en la emergencia de adultos (Destéfano *et al.* 2005). Esto es un indicio de que la aplicación de HE de forma indirecta disminuye su eficiencia al compararse con tratamientos aplicados directamente. Sin embargo, la eficiencia observada sigue siendo viable para aplicaciones en el MIP.

En *Anastrepha ludens*, la especie de mayor riesgo en México, se ha observado que en adultos expuestos de forma directa a *M. anisopliae* existe una disminución de hasta un 17% en el consumo de alimento. La ingesta disminuyó a partir de las 48 h de ser expuestos al hongo ocasionando una mortalidad del 93% a los 13 días (Toledo-Hernández *et al.* 2018). En otro experimento, hubo una reducción del 30.6% de la fecundidad (huevos puestos) de *A. ludens* al ser expuestas indirectamente al hongo *Beauveria bassiana* (Toledo *et al.* 2007). Con lo anterior, se observa que el tratamiento con HE no solo afecta la supervivencia de la plaga sino también su comportamiento alimenticio y reproductivo.

En un experimento distinto, se comprobó la transmisión horizontal (TH) del hongo *B. bassiana* en adultos de *A. ludens*, a través de contacto directo por periodos cortos y prolongados, lo cual aumentó la mortalidad de machos no infectados que tuvieron contacto con hembras infectadas (Toledo *et al.* 2007). De esta manera, en interacciones de periodo corto como el cortejo y cópulas fallidas hubo un 21.6% de TH. Sin embargo, en cópulas prolongadas se registró hasta un 84.3% de TH. Estos resultados indican que al existir transmisión de tipo horizontal de HE se podría inducir gradualmente una disminución poblacional mediante la correcta aplicación de los HE. La transmisión horizontal de HE, por consiguiente, se vuelve una ventaja que puede ser aprovechada en el MIP debido a que existe mayor transmisión a través de cópulas. Esto es importante porque al combinar técnicas, como el uso de HE y la TIE que basa su éxito en la cópula entre un macho estéril y una hembra silvestre, se puede amplificar el efecto de la TIE en el MIP y mejorar el control de plagas (Montoya *et al.* 2020).

La implementación conjunta de la TIE y HE aumenta la cantidad de individuos infectados en poblaciones silvestres de *A. ludens* (Montoya *et al.* 2020). Esto fue observado usando dispositivos para diseminar esporas de *B. bassiana* (cepa DBb) y se comparó con el uso de la TIE, la combinación de ambas técnicas (DBb+TIE) y un control donde no se aplicó

ninguna de las tres técnicas. Los resultados indican que existe mayor porcentaje de transmisión de HE en los sitios donde se implementan en conjunto ambas técnicas (DBb+TIE) en comparación con los sitios donde únicamente se implementa el uso de DBb. Esto se atribuyen a un efecto aditivo en la aplicación de DBb+TIE, ya que los adultos liberados mediante la TIE en zonas con DBb tienen mayor posibilidad de interactuar con los HE convirtiéndose en sus vectores. En consecuencia, al tener insectos estériles con potencial de ser vectores de HE, el control de plagas en poblaciones silvestres puede inducirse de forma horizontal al contacto de individuos impregnados con HE y vertical por efecto de la TIE.

“El estudio sobre el efecto de los HE en insectos plagas es muy amplio y su efecto en las moscas de la fruta no es la excepción.”

Conclusiones

El uso de HE en el MIP contra moscas de la fruta ofrece una gran oportunidad para el control de las especies plaga, ya que no genera contaminantes en el ambiente que pueden afectar animales y humanos. Además, tiene la ventaja de poder utilizarse en conjunto con técnicas amigables al ambiente actualmente usadas en el control como la TIE y potenciar así los efectos de control existentes en la lucha contra estas plagas agrícolas.

ISSN 2007 - 431 X
Referencias

- Aluja M. 1994. Bionomics and Management of *Anastrepha*. *Annual Review of Entomology* 39: 155–178.
- Chaneiko SM, de Brida AL, Bassa PG, Telles MH, dos Santos LA, Pereira DI, Pereira RM y Garcia FR. 2019. Pathogenicity of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* to *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) and effects on adult longevity. *Journal of Agricultural Science* 11: 132.
- Daniel C y Wyss E. 2009. Susceptibility of different life stages of the European cherry fruit fly, *Rhagoletis cerasi*, to entomopathogenic fungi. *Journal of Applied Entomology* 133: 473–483.
- Destéfano RHR, Bechara IJ, Messias CL y Piedrabuena AE. 2005. Effectiveness of *Metarhizium anisopliae* against immature stages of *Anastrepha fraterculus* fruitfly (Diptera: Tephritidae). *Brazilian Journal of Microbiology* 36: 94–99.
- Hawksworth DL y Lücking R. 2017. Fungal Diversity Revisited: 2.2 to 3.8 Million Species. *Microbiology Spectrum* 5: 10.1128.
- He Y, Xu Y y Chen X. 2023. Biology ecology and management of tephritid fruit flies in China: A review. *Insects* 14: 196.

- Jaronski ST. 2014. Mass production of entomopathogenic fungi: State of the art. En: Morales-Ramos JA, Rojas MG y Shapiro-Ilan DI (eds.) Mass production of beneficial organisms. Invertebrates and Entomopathogens. Academic Press. USA. pp. 357-413.
- Montoya P, Flores S, Campos S, Liedo P y Toledo J. 2020. Simultaneous use of SIT plus disseminator devices of *Beauveria bassiana* enhances horizontal transmission in *Anastrepha ludens*. Journal of Applied Entomology 144: 509–518.
- Salcedo-Baca D, Lomeli-Flores JR, Terrazas-González GH y Rodríguez Leyva E. 2010. Evaluación económica de la Campaña Nacional contra moscas de la fruta en los estados de Baja California Guerrero Nuevo León Sinaloa Sonora y Tamaulipas (1994-2008). Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. México. 207 pp.
- Shaurub EH. 2023. Review of entomopathogenic fungi and nematodes as biological control agents of tephritid fruit flies: Current status and a future vision. Entomologia Experimentalis et Applicata 171: 17–34.
- Skinner M, Parker BL y Kim JS. 2014. Role of entomopathogenic fungi in integrated pest management. Integrated pest management: 169–191.
- Soliman NA, Al-amin SM, Mesbah AE, Ibrahim AMA y Mahmoud AMA. 2020. Pathogenicity of three entomopathogenic fungi against the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae). Egyptian Journal of Biological Pest Control 30: 49.
- Toledo J, Campos SE, Flores S, Liedo P, Barrera JF, Villaseñor A y Montoya P. 2007. Horizontal transmission of *Beauveria bassiana* in *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae) under laboratory and field cage conditions. Journal of Economic Entomology 100: 291–297.
- Toledo-Hernández RA, Toledo J y Sánchez D. 2018. Effect of *Metarhizium anisopliae* (Hypocreales: Clavicipitaceae) on food consumption and mortality in the Mexican fruit fly *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae). International Journal of Tropical Insect Science 38: 254–260.
- van der Werf HM. 1996. Assessing the impact of pesticides on the environment. Agriculture Ecosystems & Environment 60: 81–96.
- Yousef M, Garrido-Jurado I, Ruíz-Torres M y Quesada-Moraga E. 2017. Reduction of adult olive fruit fly populations by targeting preimaginals in the soil with the entomopathogenic fungus *Metarhizium brunneum*. Journal of Pest Science 90: 345–354.

Angel-Ruiz NA, Pérez-Staples D, Colunga-Salas P. 2024. Uso de hongos contra moscas de la fruta: ¿una alternativa al uso de plaguicidas? Bioagrocencias 17 (1): 112-118.
DOI: <http://doi.org/10.56369/BAC.5558>