



Figura 1. Adultos de *C. capitata* infectados con diferentes cepas de HE.

Potencial de los hongos entomopatógenos para el control de *Ceratitidis capitata*, como apoyo a la Técnica del Insecto Estéril (TIE)

La mosca mediterránea de la fruta, *Ceratitidis capitata*, es una de las plagas más dañinas para la agricultura en todo el mundo, sobre la cual se aplican importantes medidas cuarentenarias en la mayoría de los países en los que aún no está presente. A principios del año 2007, la técnica del insecto estéril (TIE) se convirtió en el principal medio de lucha y de mayor aplicación dentro del Plan de actuación contra *C. capitata* en la Comunitat Valenciana. Esta técnica consiste en la cría masiva de insectos macho de la misma especie a combatir que, tras ser esterilizados mediante irradiación, se liberan al campo en grandes cantidades para que copulen con las hembras silvestres, siendo los huevos puestos por éstas inviables. En la actualidad se está evaluando complementar la TIE con el uso de hongos entomopatógenos (HE), microorganismos con capacidad para infectar y causar enfermedades en artrópodos. Los HE son responsables del 80% de las enfermedades que padecen las poblaciones de insectos en la mayoría de los ecosistemas terrestres. El interés de esta línea de investigación consiste en evaluar la eficacia y especificidad de los HE como agente de control biológico contra *C. capitata*, utilizando los machos estériles liberados como vectores de la enfermedad.

Ó. Dembilio, M. Catalá y I. Plá

Departamento de I+D+i; Control de Plagas. Empresa de Transformación Agraria (TRAGSA).

A. Urbaneja, M. Pérez-Hedo y F. Beitia

Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA). Centro de Protección Vegetal y Biotecnología.

M. Yousef y E. Quesada-Moraga

Departamento de Entomología Agrícola. Universidad de Córdoba (UCO).

V. Dalmau

Servicio de Sanidad Vegetal. Conselleria de Agricultura, Medio Ambiente, Cambio Climático y Desarrollo Rural, Generalitat Valenciana.

La mosca mediterránea de la fruta, *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) es una de las plagas más dañinas para la agricultura en todo el mundo. Esta especie se puede desarrollar en más 330 especies vegetales, lo cual demuestra una gran adaptación a un amplio rango de entornos climáticos (Papadopoulos, 2008). En España se le considera actualmente como plaga clave para la agricultura, debido a las pérdidas directas (daños en los frutos) e indirectas (cuarentena y protocolos de exportación) que provoca (EPPO, 2012). En la Comunitat Valenciana, *C. capitata* afecta principalmente a los cítricos (variedades tardías y tempranas) aunque también a los frutales que maduran a finales de primavera y durante el verano (Dalmau, 2016). Esta situación se ha agravado en los últimos años debido a la proliferación de variedades extra-tempranas de cítricos, que son especialmente atractivas para este tefrítido.

Aualmente, las acciones específicas dentro del Plan Integral de Actuación contra la Mosca de la Fruta en la Comunitat Valenciana se diseñan entre el Servicio de Sanidad Vegetal de la Generalitat Valenciana y el Grupo TRAGSA. En dicho Plan se incluyen todas las actuaciones indicadas en la Orden del 5 de julio de 2004, de la Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación, que fundamentalmente son:

- Instalación de una red de monitorización.
- Determinación de zonas para la suelta de machos estériles de *C. capitata* (Técnica del Insecto Estéril, TIE).
- Establecimiento de áreas estratégicas de control biotécnico: trapeo masivo y control en frutales aislados.
- Tratamientos fitosanitarios: aplicación aérea muy localizada de insecticidas selectivos con carácter colectivo y realización de tratamientos terrestres en parcelas de cultivo.

Estas actuaciones se suelen complementar y deben estar perfectamente coordinadas para obtener buenos resultados durante la cam-

paña. De todas ellas, la liberación de machos estériles de *C. capitata* utilizando la TIE se sitúa como epicentro de todo el Plan de actuación contra *C. capitata* en la Comunitat Valenciana.

Liberación de machos estériles de *C. capitata* mediante la Técnica del Insecto Estéril (TIE)

El TIE consiste en la cría masiva de insectos macho de la misma especie a combatir, que se esterilizan mediante irradiación y son posteriormente liberados al campo en grandes cantidades. Cuando estos machos estériles se aparean con las hembras silvestres, los huevos resultan inviables, con la consiguiente reducción de las poblaciones silvestres en campo. La liberación de insectos estériles es compatible con otros métodos de control y se ajusta perfectamente en un programa de Gestión Integrada de Plagas. La cantidad de machos estériles que se libera varía en función de la época del año y los niveles poblacionales en cada zona. Para calcularlo, se tiene en cuenta tanto los niveles poblacionales de la plaga, como la mayor o menor concentración de parcelas con variedades de cítricos susceptibles de ser atacadas por *C. capitata* en una época concreta. A partir de ese momento, se elaboran las "rutas de liberación dosificada" que realizará la avioneta que efectúa la suelta aérea de los insectos. La cantidad de moscas liberadas será variable, adecuándose a la definida previamente en cada tramo de la ruta.

En la Comunitat Valenciana se encuentra la Biofábrica de Insectos Estériles, situada en la localidad de Caudete de las Fuentes, que cuenta con una capacidad máxima de producción de 500 millones de machos estériles a la semana, lo que la sitúa en segundo lugar a nivel mundial en capacidad de producción. En la actualidad se realizan liberaciones semanales de entre 250 y 300 millones de machos sobre más de 140.000 hectáreas, mayoritariamente de cultivo de cítricos. El coste anual de la aplicación de esta técnica se sitúa en torno a 6 millones de euros.

Potencial de los hongos entomopatógenos, como apoyo a la Técnica del Insecto Estéril (TIE)

Esta línea de investigación se enmarca en las actividades de investigación, desarrollo e innovación que TRAGSA viene desarrollando, encaminadas a la mejora de la eficacia de la TIE para el control de *C. capitata* en la Comunitat Valenciana y forma parte de las líneas de trabajo propuestas en la colaboración que mantiene el IVIA y TRAGSA. Además, se cuenta con la colaboración de la Universidad de Córdoba (UCO), referente internacional en la utilización de los hongos entomopatógenos (HE) para el control biológico de plagas, mediante un convenio colaborativo con TRAGSA.

Los HE son un conjunto de especies con capacidad para infectar y causar enfermedades en artrópodos, de los que obtienen la energía necesaria para desarrollarse, como biótrofos y necrótrofos, en un proceso de continua coevolución, causando hasta el 80% de las enfermedades que padecen las poblaciones de insectos en la mayoría de los ecosistemas terrestres (Vega y col., 2009; Lacey y col., 2015). El objetivo de esta línea de investigación es evaluar la eficacia y especificidad de los HE como agentes de control biológico contra *C. capitata*, utilizando los machos estériles liberados como vectores de conidios.

En estudios realizados en el programa TIE SAGARPA-IICA (México), se ha demostrado que los machos estériles inoculados con HE pueden ejercer un papel eficaz como vectores de transmisión de conidios hacia la población silvestre, de manera segura para el medioambiente y selectiva con otros organismos, con el objetivo de reducir las poblaciones silvestres de *C. capitata* como apoyo a la TIE (Flores y col., 2013). Dicho estudio se llevó a cabo en una plantación de café con altas poblaciones de *C. capitata*, donde se seleccionaron dos bloques de 7.000 ha cada uno. En uno de los bloques no se realizaron liberaciones con machos estériles a modo de control y en el segundo bloque se liberaron 3.000 machos estériles inoculados con HE (tintados

de amarillo) y 1500 machos estériles no inoculados (tintados de naranja). Se instaló una trampa cada 10 Ha y se inspeccionaron dos veces a la semana durante las diez semanas que duró el ensayo. Una vez finalizado, el 77% de los machos estériles inoculados con HE acabaron infectándose y muriendo, lo cual certificó la correcta inoculación de los HE. Del total de individuos capturados en las trampas de campo, el 44% de los individuos silvestres y el 65% de los machos no inoculados se infectaron con el HE respectivamente. En el bloque control, no se encontró ningún individuo infectado. Paralelamente, se realizaron seguimientos de las poblaciones de abejas y barrenadores del café en la zona de ensayo, y ninguno resultó infectado por HE (Flores y col., 2013). Por lo tanto, se demostró que, en dicho programa, la utilización de los machos estériles como vectores de transmisión de conidios de HE es una medida eficaz para reducir las poblaciones silvestres de *C. capitata* y seguras con otros organismos.

Actualmente, en el programa TIE de la Comunitat Valenciana se están evaluando, en condiciones de labo-

ratorio, cuatro cepas de HE (*Isaria fumosorosea*, *Beauveria bassiana* y dos cepas de *Metarhizium brunneum*) frente a individuos silvestres y machos estériles de *C. capitata* (Figura 1). El objetivo de este primer ensayo es conocer el grado de patogenicidad y virulencia de cada una de las cepas y así poder seleccionar una de ellas a una dosis de inoculación adecuada, para no ocasionar una muerte prematura de los machos estériles infectados y que consigan el objetivo de transmitir conidios a las hembras silvestres durante la cópula y a los machos silvestres durante la formación de los leks (Quesada-Moraga y col., 2006).

En el siguiente paso se evaluará la capacidad de transmisión horizontal de los machos estériles inoculados, sobre la población silvestre, así como su competitividad sexual frente a machos silvestres, en condiciones de laboratorio y semicampo. Al mismo tiempo se evaluarán los efectos de la cepa seleccionada sobre la reproducción de hembras silvestres infectadas tras la cópula con los machos estériles inoculados con los HE, con el objetivo de conocer el grado de afectación sobre su descendencia.

Paralelamente a estos trabajos, se realizarán ensayos específicos de toxicidad sobre fauna útil del ecosistema cítricos y otros artrópodos clave, para evaluar la especificidad de la cepa seleccionada. Finalmente, con todos los datos obtenidos, se diseñarán ensayos, en condiciones reales de campo, para evaluar y confirmar el potencial de la cepa seleccionada como agente de control biológico de *C. capitata*, utilizando los machos estériles del programa TIE como vectores de transmisión de la enfermedad.

Agradecimientos

A todos los que forman parte del proyecto TIE de la Conselleria de Agricultura Medio Ambiente, Cambio Climático y Desarrollo Rural, que gestiona el grupo TRAGSA y a sus colaboradores, en especial a María Gago, Azucena Gallardo, Estefanía Aguilar, Miriam Alba, Tamara Sánchez, Ana Ponce y Esperanza Valero por su participación directa en las actividades de I+D+i, para la mejora de la eficacia de la TIE para el control de *C. capitata* en la Comunitat Valenciana.

Bibliografía

- ! Dalmau V., 2016. Programa de lucha contra *Ceratitis capitata* en la Comunidad Valenciana. Situación actual y control de las plagas más relevantes de los cítricos. *Phytoma-ESPAÑA*, 284: 98-101.
- European Plant Protection Organisation (EPPO), 2012. PQR – EPPO database on quarantine pests. URL <http://www.eppo.int> [acceso en 27 de Agosto de 2018].
- Flores, S., Campos, S., Villaseñor, A., Valle, Á., Enkerlin, W., Toledo, J., & Montoya, P., 2013. Sterile males of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) as disseminators of *Beauveria bassiana* conidia for IPM strategies. *Biocontrol Science and Technology*, 23(10), 1186-1198.
- Lacey, L. A., Grzywacz, D., Shapiro-Ilan, D. I., Frutos, R., Brownbridge, M., & Goettel, M. S., 2015. Insect pathogens as biological control agents: back to the future. *Journal of Invertebrate Pathology*, 132, 1-41.
- Papadopoulos N.T., 2008. Mediterranean fruitfly, *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae). En: *Encyclopedia of Entomology*. Volume 3, pp. 2318–2322. Ed. J.L. Capinera. Heidelberg, Germany: Springer.
- Quesada-Moraga, E., Ruiz-García, A., & Santiago-Alvarez, C. 2006. Laboratory evaluation of entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* against puparia and adults of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Journal of Economic Entomology*, 99(6), 1955-1966.
- Vega, F. E., Goettel, M. S., Blackwell, M., Chandler, D., Jackson, M. A., Keller, S., & Pell, J. K., 2009. Fungal entomopathogens: new insights on their ecology. *Fungal Ecology*, 2(4), 149-159.