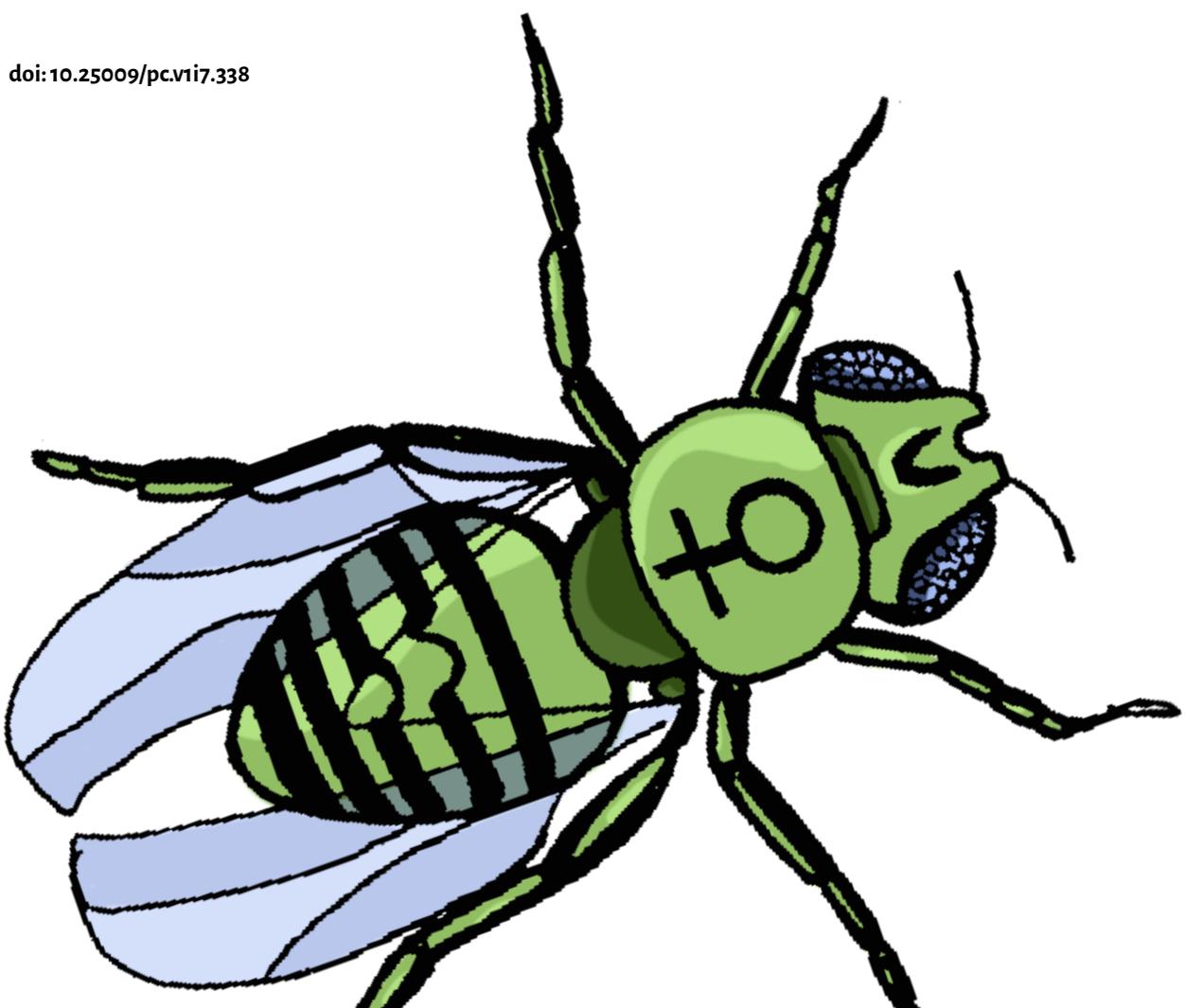


Fruticultura mexicana en riesgo: mosca del Mediterráneo estéril como herramienta de control

José Arredondo y
Francisco Díaz Fleischer

doi:10.25009/pc.vi17.338



Al comer y degustar frutos maduros como naranjas, mangos, guayabas, manzanas, peras y ciruelas, entre muchos otros, ocasionalmente encontramos gusanos. Estos gusanos suelen ser las crías de diversas especies de insectos, aunque casi siempre proceden de moscas de la fruta de la familia conocida como *Tephritidae*. Las hembras de las moscas de la fruta “inyectan” sus huevos dentro de los frutos cuando estos comienzan a madurar y, cuando estos eclosionan, dan origen a gusanos (larvas) que se alimentan de la pulpa y/o de las semillas y forman parte del ciclo de vida de dichos insectos.

Los gusanos afectan la apariencia, el sabor y el olor de los frutos, haciéndolos poco atractivos para su consumo y, por lo tanto, dificultan su comercialización en mercados nacionales e internacionales.

De acuerdo con su origen, las moscas de la fruta pueden ser nativas (originarias de la zona o país) o introducidas (exóticas). En México, las especies nativas más conocidas son las moscas del género *Anastrepha*, donde destacan cuatro especies, dada su relevancia económica: *A. ludens*, *A. obliqua*, *A. striata* y *A. serpentina* (Figura 1 A). En el caso de las exóticas, llama la atención la mosca *Ceratitis capitata*, conocida comúnmente como la mosca del Mediterráneo o “moscamed” (Figura 1 B).

La moscamed está considerada como una de las plagas más importantes a nivel mundial, debido a su capacidad de parasitar a más de 350 especies de frutos y por su amplia distribución. Esta mosca es de origen africano, pero en la actualidad se encuentra básicamente en todo el planeta. Por ejemplo, en el continente americano, se distribuye desde Argentina hasta Guatemala, siendo Chile el único país de Sudamérica libre de la plaga. Su presencia en una región o país es motivo de severas restricciones fitosanitarias que dificultan la comercialización de ciertos frutos y obliga a generar campañas para su control. El combate de estos insectos es prioritario para producir fruta sana y ampliar y asegurar mercados.

La mosca del Mediterráneo fue reportada por primera vez en México en el año 1977; sin embargo, en 1982 nuestro país fue declarado libre de esta plaga. Lo anterior se logró gracias a las acciones operativas del programa fitosanitario conocido con el nombre de Moscamed.

El programa Moscamed se encarga de cuidar todo el territorio de posibles invasiones de la mosca del Me-

A



B



Figura 1. A) Especies de *Anastrepha* de importancia económica: *A. ludens*, *A. obliqua*, *A. striata* y *A. serpentina*, B) *Ceratitis capitata*.

diterráneo, puesto que, si esta se llegara a establecer, se podría prohibir la exportación o movilización de frutas y hortalizas, impactando fuertemente la economía de México.

Las acciones operativas de control del programa Moscamed se basan en el manejo integrado de plagas y en el concepto de *áreas amplias*. El primero, consiste en la aplicación simultánea o alternada de varios métodos

de combate compatibles, cuyo objetivo es potenciar el resultado de las medidas de control, mientras que el concepto de áreas amplias consiste en aplicar las medidas de control, de manera coordinada, en grandes zonas, no solo en cultivos individuales y puede incluir zonas geográficas que abarquen varios municipios o incluso países. Con dichas medidas se eliminan las poblaciones de los insectos plaga dentro de todo un ecosistema y se reduce o evita la reinfestación.

Parte de las estrategias de prevención del programa Moscamed es mantener, de manera permanente, una barrera de contención en la frontera de México con Guatemala, ya que la mosca del Mediterráneo está presente en todo Centroamérica y, por tanto, su migración a nuestro país es muy fácil. Una herramienta clave, en la contención de la plaga, es el método de control llamado Técnica del Insecto Estéril (TIE) o *Autocida*. Esta técnica consiste en liberar, de manera periódica, millones de moscas estériles en las zonas donde hay reinfestación o brotes, con el fin de que se apareen con adultos de la población de campo, evitando que exista descendencia; en otras palabras, se diría que se realiza un control natal de la plaga y, después de un tiempo, se logra la extinción.

La TIE es considerada el método de control más “eco-amigable” existente, ya que no genera daños a la salud humana o animal, ni tampoco al medio ambiente. No obstante, para su aplicación, se requiere de la producción de millones de insectos estériles.

En su inicio, la aplicación de la TIE de la mosca del Mediterráneo se realizó liberando hembras y machos estériles; sin embargo, se ha demostrado que liberar exclusivamente machos estériles aumenta la eficiencia de la TIE. Un solo macho estéril puede aparearse con múltiples hembras silvestres, mientras que las hembras estériles, generalmente, solo se aparean una vez. Por lo anterior, se considera que el macho es el principal agente para transmitir la esterilidad a la población silvestre. Además, las hembras estériles prefieren aparearse con machos estériles, lo que distrae a estos últimos de copular con hembras silvestres, con lo cual disminuye la introducción de la esterilidad en las poblaciones de campo.

Cabe mencionar que, las hembras estériles también perforan la fruta para poner huevos y, aunque no nazcan larvas, la perforación puede provocar infecciones por microorganismo y pudrición, afectando la calidad de los frutos. Otro beneficio de liberar solo machos es la reducción sustancial de costos en la aplicación de la TIE, ya que al excluir a las hembras, se reducen las actividades de producción masiva, marcaje, esterilización y liberación en campo. Liberar solo machos es posible y se logra mediante el uso de Cepas Sexadas Genéticamente (CSG). Estas cepas están modificadas en su estructura genética y permiten la diferenciación y eliminación de las hembras en estados biológicos previos a la liberación.

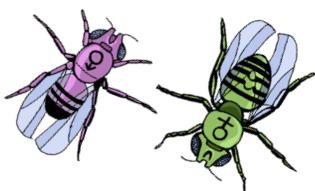
Cría masiva

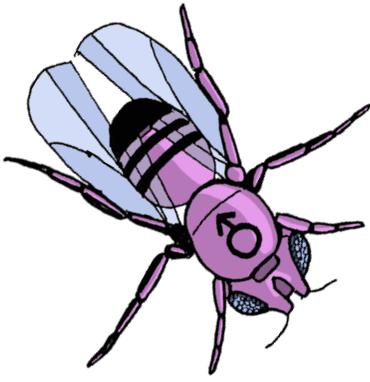
Las moscas de la fruta son insectos que presentan cuatro estados biológicos: huevo, larvas, pupas y adultos. Su ciclo comienza con una hembra oviponiendo (“inyectando”) sus huevecillos dentro de un fruto que ha iniciado su madurez. De los huevos eclosionarán larvas (gusanos) que se alimentarán de la pulpa y/o semilla del fruto, hasta abandonarlo una vez cae del árbol.

Las larvas de la mosca del Mediterráneo tienen la peculiaridad de que saltan, atributo que les sirve para escapar de depredadores como hormigas, lagartijas o aves.

Las larvas se entierran y se transforman en crisálida (capullos como las mariposas), pero en moscas este estado es más conocido con el nombre de pupas; después de un periodo, emergerá un adulto que requerirá de un tiempo para madurar sexualmente y después del apareamiento, la hembra buscará frutos para ovipositarlos.

En México, la cría de moscas del Mediterráneo se realiza en la Planta Moscamed, ubicada en Metapa de Domínguez, Chiapas, frontera con Guatemala, donde a mediados de 1979 inició su producción masiva. En su inicio, la planta contaba con capacidad para producir quinientos millones de pupas de ambos sexos, pero pronto esto fue insuficiente y, en años recientes, se construyó una nueva planta que fue inaugurada en agosto del 2021, cuya capacidad de producción es de mil millones de pupas a la semana, es decir, el doble de producción y de solo machos, lo que cuadruplica la cantidad de machos estériles (Figura 2 A).





A



La cría a gran escala se realiza con moscas de la cepa de sexado genético Vienna-8, la cual presenta principalmente dos características: se puede distinguir el sexo desde el estado pupal, ya que los puparios de los machos son de color café, mientras que en las hembras son blancos; por otro lado, las hembras son más sensibles a la temperatura que los machos. Esta última característica es lo que permite producir masivamente solo machos (Figura 2 B).

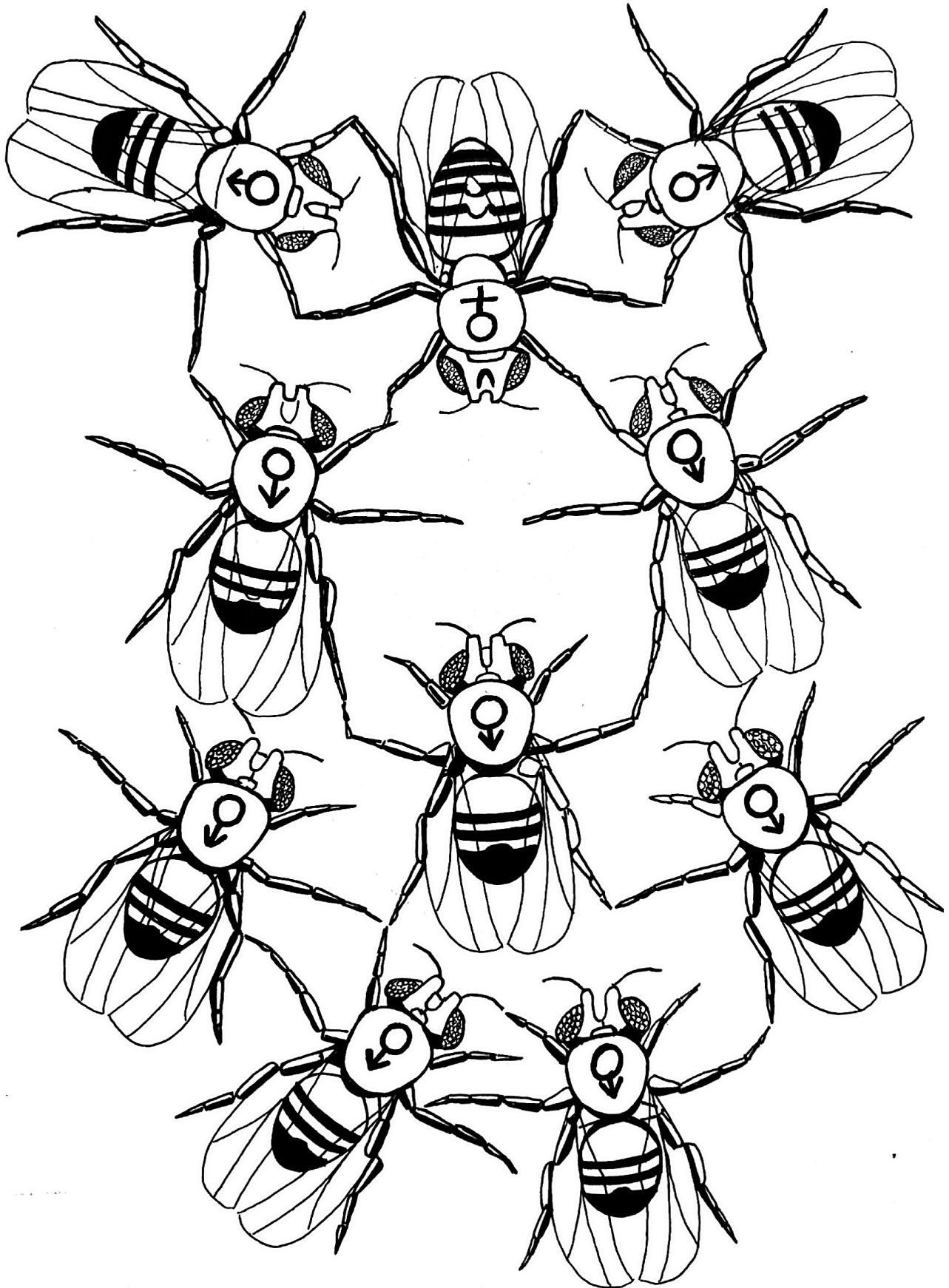
La producción inicia con jaulas de adultos o jaulas de reproductores, con capacidad de aproximadamente 10 mil parejas, que son provistas de alimento rico en proteína y agua (Figura 3 A). Las hembras ponen los huevos a través de la malla acrílica que rodea toda la jaula, cayendo a canales con agua para evitar que se sequen y mueran. Los huevos diariamente son recogidos y se incuban en agua con un sistema de burbujeo, para proveerles del oxígeno que requieren y se mantienen a 24 °C (Figura 3 B). Cuando cumplen 24 horas de incubación, la temperatura se incrementa a 34 °C por 12 horas y, con esto, todo huevo que produciría una hembra muere, pero no así los huevos que darán origen a los machos. Al completar 48 horas de incubación, los huevos se colocan en bandejas con dieta larvaria que alimentará las larvas que eclosionen de los huevos.

Durante el proceso de producción, la dieta es una mezcla de celulosa con agua, levadura, salvado de trigo, azúcar e incluye algunos conservadores como el ácido cítrico y el benzoato de sodio. El periodo larval es entre 5 a 10 días y es diferenciado por el sexo. Las hembras tardan más en madurar en comparación con los machos. Alcanzada su madurez, las larvas abandonan la dieta, saltan y caen dentro de unos contenedores que permiten su colecta y son colocadas en cribas para inducir la pupación. Una vez han madurado y completado su transformación, faltando dos días para la emergencia del adulto, las pupas se tiñen con colorante fluorescente especial, lo que permite identificar al adulto, una vez emerge.

B



Figura 2. A) Planta de cría Moscamed, B) Pupas de moscas blancas y cafés.



A



B



Figura 3. A) Jaulas con reproductores, B) incubadora de huevos de Moscamed.

En cuanto al proceso de esterilización, se realiza con la pupa teñida y el método es mediante la exposición a rayos gamma de una fuente de cobalto (imaginémosnos que fueran expuestas a los rayos X que se emplean para las radiografías). Una vez esterilizadas las pupas, se envían al centro de empaque, ubicado en Tapachula, Chiapas, donde se prepararán para que el adulto emerja, sea transportado y, por último, liberado vía área en las zonas donde se requiera controlar.

Para concluir, el programa Moscamed en el 2025 cumplió 46 años de haber iniciado sus operaciones. Durante este lapso, ha funcionado con gran éxito sin perder su objetivo: mantener libre a México de la presencia de la mosca del Mediterráneo.

Es importante recalcar la enorme importancia del programa Moscamed para la producción frutícola del país. De ahí que mantener la barrera fitosanitaria que controla el ingreso de la plaga requiere de técnicos muy capacitados, al igual que de los recursos económicos necesarios para realizar las labores de combate se mantengan y tengan, además, la suficiente flexibilidad para poder atender situaciones de contingencia.

Para saber más

Enkerlin, W.R., Gutiérrez Ruelas, J.M., Pantaleon, R., Soto Litera, C., Villaseñor Cortés, A., Zavala López, J.L., Orozco Dávila, D., Montoya Gerardo, P., Silva Villarreal, L., Cotoc Roldán, E., Hernández López, F., Arenas Castillo, A., Castellanos Domínguez, D., Valle Mora, A., Rendón Arana, P., Cáceres Barrios, C., Midgarden, D., Villatoro Villatoro, C., Lira Prera, E., Zelaya Estradé, O., Castañeda Aldana, R., López Culajay, J., Ramírez y Ramírez, F., Liedo Fernández, P., Ortíz Moreno, G., Reyes Flores, J. & Hendrichs, J. (2017), The Moscamed Regional Programme: review of a success story of area-wide sterile insect technique application. *Entomol Exp Appl*, 164, 188-203. <https://doi.org/10.1111/eea.12611>