



Parte del equipo técnico del Centro de Control Biológico de Plagas con Francisco Rodríguez Mulero, SA de Agricultura, y Roger Llanes, DG de Agricultura, de la Generalitat Valenciana. / FOTOGRAFÍAS: R. FUERTES

Un programa en la vanguardia de la lucha biológica en Europa

El Centro de Control Biológico de Plagas de Caudete de las Fuentes (Valencia) inició sus trabajos de lucha biológica contra la mosca mediterránea de la fruta (Ceratitis capitata) en los primeros años de este siglo. Una mosca que ha sido la pesadilla de cítricos y otros frutales durante décadas. Con el trabajo desarrollado en esta Bioplanta y el evolucionario ubicado en Moncada se consigue, aplicando la Técnica del Insecto Estéril (TIE), producir cada año 12.000 millones de ejemplares de machos estériles, favoreciendo la reducción del uso de pesticidas en más de un 90% en las zonas de liberación y realizando incluso un uso pacífico de la energía atómica. Una técnica de lucha biológica puntera en Europa que va a trascender el ámbito de la sanidad vegetal a la salud pública ya que se está extrapolando la experiencia con el mosquito tigre.

► R. FUERTES-N. RODRIGUEZ.

La *Ceratitis capitata*, mosca mediterránea de la fruta, es una plaga endémica que procede de la costa occidental de África. Esta mosca ha producido durante décadas importantes daños en todo tipo de frutales del área mediterránea, destacando su incidencia en cítricos al ser la fruta más presente en las explotaciones de la zona. Hace más de cuatro décadas que la Conselleria de Agricultura trabaja para el control de esta plaga dada la relevancia económica del sector cítrico valenciano.

La plaga se combatía con métodos químicos tradicionales hasta que se inició este proyecto de lucha biológica, coherente con la promoción de formas de lucha respetuosas con el me-

dio ambiente y la tendencia de reducir el uso de productos fitosanitarios. El programa está fundamentado en la Técnica del Insecto Estéril (TIE).

Este plan de lucha biológica en la Comunitat Valenciana está gestionado y financiado por la dirección general de Agricultura de la Conselleria de Agricultura valenciana, mientras que Tragsa es la entidad encargada de la coordinación de los trabajos. El programa se aplica en las zonas frutícolas de la Comunitat Valenciana (con especial incidencia en las zonas de cítricos) e incluye incluso la liberación en zonas de frutales aislados.

Francisco Rodríguez Mulero, secretario autonómico de Agricultura, y Roger Llanes, director general de Agricultura, han

visitado la Bioplanta de Caudete de las Fuentes para comprobar en primera persona el progreso de este proyecto que, con un presupuesto anual de algo más de 6,5 millones de euros, ha conseguido reducir en más de un 90% el uso de pesticidas destinados a exterminar este díptero que provoca importantes daños en la fruta, imposibilitando su comercialización y consumo.

Rodríguez Mulero señala la importancia de este programa: "Es único en Europa. La capacidad para producir masivamente machos estériles en la Bioplanta y el Evolucionario tiene como resultado un control eficiente, mediante el uso de métodos de lucha biológica, de una plaga como la *Ceratitis capitata*, que tantos quebraderos de cabeza ha dado

a los agricultores valencianos". El secretario autonómico añade a este respecto que "el beneficio medioambiental es evidente si se tiene en cuenta que se han reducido en más de un 90% los pesticidas que antes se utilizaban para controlar esta plaga".

Por su parte, Roger Llanes destaca el importante papel que desempeña el personal implicado en el proyecto: "Entre la Bioplanta de Caudete de las Fuentes y el Evolucionario de Moncada hay 110 personas que trabajan en este programa. Ingenieros agrónomos, biólogos y otros técnicos. Entre todos desarrollan un trabajo excepcional en el que hasta los dispositivos empleados para cada uno de los procesos han sido diseñados por miembros del equipo". El director general de Agricultura-

ra señala un dato importante: "la capacidad de producción masiva de este programa, con 12.000 millones de machos estériles por año, nos coloca a la cabeza de Europa y segundos del mundo. Estamos en la vanguardia de la lucha biológica".

Dirigen la visita a la Bioplanta Ignacio Pla, responsable del programa TIE, y Jaime García de Oteyza, responsable del Centro de Control Biológico de Plagas de Caudete, junto con Ángel Martín, coordinador de proyectos, y Juan Miguel Alepuz, gerente de la zona de Valencia de Tragsa. En cada una de las zonas explican el proceso con el que han conseguido importantes logros en el ámbito de la lucha biológica. Logros reseñables a nivel mundial.

(Pasa a la página siguiente)



Ignacio Pla, responsable del programa TIE, explica el proceso de desarrollo larval a Rodríguez Mulero y Llanes.

Las cifras del programa de la lucha biológica contra la mosca de la fruta

- 1ª planta europea de producción de insectos machos estériles, 2ª a nivel global
- 12.000.000.000 moscas (machos estériles) cada año
- Más del 90% de reducción de pesticidas
- Algo más de 6,5 millones de presupuesto anual
- 110 empleados
- 2 centros (bioplanta de Caudete de las Fuentes y evolucionario de Moncada).
- Machos estériles al 98%.
- 1.200 trampas de monitorización



Juan Miguel Alepuz, Ignacio Pla, Roger Llanes, Francisco Rodríguez Mulero, Jaime García de Oteyza y Ángel Martín.



Fases de evolución de la *Ceratitit capitata*: huevo, larvas (tres estadios), pupa (con diferenciación de hembras y machos) y, finalmente, individuo adulto. / ARCHIVO

Un programa...

(Viene de la página anterior)

■ VISIÓN GLOBAL DEL PROCESO

En la Bioplanta de Caudete de las Fuentes el uso de mascarilla y las medidas de higiene no son una novedad puesto que la producción masiva de estos insectos se realiza habitualmente en condiciones de absoluta higiene con condiciones de temperatura, iluminación y humedad diferentes en cada uno de los procesos.

La Técnica del Insecto Estéril (TIE) consiste en la cría masiva de insectos de la misma especie que se pretende combatir y en la posterior irradiación de los machos con rayos gamma utilizados para convertirlos en individuos estériles. Una vez concluido este proceso, los ejemplares resultantes son liberados de forma masiva en las zonas afectadas por la plaga. Una vez libres, los machos estériles copulan con las hembras silvestres y como resultado obtienen huevos no viables. Así los huevos que las hembras depositan en los frutos no pueden eclosionar. De este modo se consigue romper el ciclo reproductivo de la especie y rebajar significativamente sus poblaciones.

Este método de lucha es utilizado para combatir plagas desde el siglo pasado y demostró ser un método de gran éxito para el control de la mosca del gusano barrenador cuando se usó radiación ionizante como fuente de esterilización. La eficacia de la Técnica del Insecto Estéril es mayor cuanto menor es la población silvestre en el área de aplicación.

En la medida en que se logre mantener una mayor relación estéril/fértil (número de machos estériles por cada macho silvestre) la probabilidad de que una hembra silvestre se aparee con un macho estéril

aumentará, haciendo posible alcanzar el control de la plaga. Por esta razón la TIE es compatible con la utilización de otros métodos de lucha contra plagas.

La Bioplanta de producción de insectos estériles, con un volumen anual de 12.000 millones de machos estériles al año, según apunta durante la visita Jaime García de Oteyza, produce pupas estériles que son transportadas y evolucionan hasta su estado adulto en el Centro de Evolución de Insectos Estériles (Evolucionario). Una vez las moscas estériles alcanzan su madurez sexual son liberadas al campo mediante avionetas (liberación aérea a temperatura controlada).

En la Bioplanta se produce la cepa de sexo genético (GSS) Viena 8, obtenida en los laboratorios de Seibersdorf (Austria) de la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA). Esta cepa posee características ligadas al sexo que permiten la obtención de pupas de las que solo emergerán individuos macho.

Así se incrementa la eficiencia de la TIE ya que, si se liberan también hembras estériles podría tener afección sobre los frutos (picaduras en fruta receptiva) y, además, existiría apareamiento entre individuos estériles, de lo cual no se obtiene ningún beneficio, además de disminuir las posibilidades de que las cópulas se produzcan con hembras silvestres. A esto se suma el ahorro de costes de producción que supone la cría y evolución únicamente de machos.

Las características que permiten la obtención solo de individuos macho son el carácter de Pupa Blanca (white pupae) ya que las pupas de las hembras tienen un color blanco mientras que las pupas de los machos tie-

nen un color castaño (color natural). Además, la sensibilidad letal de las hembras a la temperatura (TSL) permite la eliminación selectiva de las hembras al someterlas a una temperatura elevada.

En condiciones de cría masiva, este tratamiento se realiza normalmente sobre los huevos.

Este programa colabora con la Agencia Internacional de Energía Atómica y se convierte en un buen ejemplo del uso pacífico de la energía atómica

La Técnica del Insecto Estéril (TIE) es compatible con el uso de otros métodos de lucha contra plagas

El proceso de cría masiva de una GSS se basa en que, a partir de un pequeño número de individuos en los que se asegura la presencia de las características propias de la cepa (colonia filtro), se incrementa progresivamente el número de insectos producidos mediante unas colonias de reproductores llamadas "de amplificación", que se renuevan constantemente con el objetivo de obtener hembras jóvenes ponedoras de huevos que permitan la continuidad de la colonia. En la última, llamada colonia de solo machos, los huevos se someten a un tratamiento térmico durante la incubación que eliminará las hembras.

Los huevos de todas las colonias se siembran sobre un medio de cría larval, donde se alimentan y desarrollan. Las larvas de tercer estadio saltan del medio de cría y evolucionan al estado de pupa en un sustrato de pupación. Cuando las pupas

de la colonia térmica (de solo machos) están a falta de un día para completar su desarrollo se procede a su esterilización, que se consigue mediante exposición a radiación en un acelerador de electrones. Una vez esterilizadas, las pupas están listas para ser empacadas y enviadas a las instalaciones de emergencia de adultos situadas en Moncada (Valencia).

La duración de un ciclo completo de una colonia es de 23 o 24 días.

Las diferentes colonias se recargan diariamente, de manera que el ciclo de producción es continuo. En cualquier momento, dentro de la Bioplanta se están desarrollando todas las colonias simultáneamente.

A continuación se describen los procesos que se suceden en la Bioplanta para la generación y mantenimiento de estas colonias.

■ ELABORACIÓN DE DIETA LARVAL

La composición de la dieta larval es un punto fundamental para la cría eficiente y económica de las moscas. En cada programa TIE su formulación varía en función de los productos disponibles.

La dieta larval debe integrar un agente de soporte, agua, azúcar y levadura inactiva como nutrientes (en torno al 30% de la formulación) y conservantes para prevenir el crecimiento de microorganismos que puedan afectar al desarrollo larval.

■ INCUBACIÓN DE LOS HUEVOS

Los huevos obtenidos de las hembras reproductoras se introducen diariamente en incubadoras donde se someten a un baño termostático con aporte constante de aire.

Se mantienen en ellas durante 48 horas a 24°C, tiempo

requerido para el desarrollo embrionario a dicha temperatura. En el caso de la colonia de cría, destinada a producir machos estériles, se realiza un tratamiento térmico que consiste en someter a los huevos, tras las primeras 24 horas de incubación, a una temperatura de 34°C durante 12 horas.

Este tratamiento provoca la muerte de las hembras debido a la termosensibilidad inherente a la cepa Viena 8. Esta característica permite la obtención de pupas solo machos, con menos costes de producción y mayor eficacia de la TIE en campo.

■ DESARROLLO LARVAL

Las larvas de *Ceratitit capitata* pasan por tres estadios larvales para completar su desarrollo. Para conseguir una cría larval eficiente, además de la dieta larval, hay que mantener las condiciones ambientales estables y adecuadas para cada fase del desarrollo.

■ COLECTA LARVAL

Cuando las larvas completan el tercer estadio larvario, tienden a abandonar la dieta en la que se han desarrollado desplazándose mediante saltos bruscos hasta llegar al extremo de la bandeja y saltar buscando un lugar propicio para la pupación. Las torres de bandejas de dieta larval se trasladan a la sala de colecta y se colocan sobre un lecho de salvado que actuará como sustrato de pupación.

Las torres permanecen 3 días en la sala en el caso de la colonia térmica y 5 días las colonias de amplificación. Transcurrido este plazo, la dieta agotada se trata con vapor para eliminar las larvas que no han completado el desarrollo. Este residuo ha sido analizado por el Departamento de Producción Animal de la UPV y es apto para su uso en alimentación animal. Esta sala se mantiene con una temperatura de 24°C y 82% de HR.



La picadura de la hembra de *C. capitata* provoca graves daños en los frutos afectados. / IVIA



Las primeras zonas de la bioplanta se dedican a elaborar la dieta larval e incubar huevos.



Área de colecta larval donde las bandejas se cubren con telas.



Las larvas en el estadio más avanzado saltan y caen en el área de colecta.

■ MADURACIÓN DE PUPAS Y ESTERILIZACIÓN

Las bandejas de colecta de larvas se trasladan a una sala oscura y fresca donde se mantienen durante un día hasta completar la pupación. Las pupas se colocan en bandejas para su evolución en las salas de maduración donde permanecen durante 10 días a 20°C y 70% de HR en el caso de la colonia térmica y 11 días a 19,5°C y 70% de HR en el caso de las colonias de amplificación.

Las diferentes colonias se recargan diariamente, de manera que el ciclo de producción es continuo

Un día antes de la emergencia de los adultos o se destinan a la carga de jaulas de reproductores (colonias de amplificación) o se envían a esterilizar mediante exposición a radiación en un acelerador de electrones (colonia térmica).

Antes de la irradiación, las pupas se tiñen con fluoresceína que permitirá la posterior identificación en laboratorio de los machos estériles. Para la tinción se mezclan las pupas en un tambor rotativo con fluoresceína. Los adultos, al emerger del pupario, quedan impregnados del tinte (únicamente visible bajo luz ultravioleta). Este proceso es fundamental para controlar la proporción de población estéril una vez se han liberado los machos estériles.

■ OVIPOSICIÓN

Las pupas de las colonias de amplificación en lugar de irradiarse se utilizan para reponer las jaulas de adultos. Un día antes de emerger se introducen en jaulas con comida y agua. Al emerger los adultos, se mantienen en preoviposición hasta alcanzar la madurez sexual en 3 o 4 días.

Después las jaulas pasan a oviposición. Las hembras ponen huevos a través de las paredes de tela de las jaulas. La colecta de huevos se realiza diariamente sobre lecho de agua. Los huevos en suspensión se dejan sedimentar y se retira el sobrante de agua. Los huevos obtenidos pasan a la sala de incubación y el ciclo queda completado.

■ DESPUÉS DE LA BIOPANTA: EVOLUCIÓN Y LIBERACIÓN

Las pupas esterilizadas son enviadas desde la Biopanta de



El secretario autonómico de Agricultura y el director general de Agricultura de la GVA en el área de torres de bandejas del área de colecta larval.



Ejemplar adulto de mosquito tigre. / ARCHIVO

Próximo objetivo: mosquito tigre

El caso de éxito de la lucha biológica que supone la ETIE aplicada a la *Ceratitis capitata* va a empezar a utilizarse con otros insectos. Y ya no solo se trata de una cuestión de sanidad vegetal sino que trasciende a la salud pública. El mosquito tigre (*Aedes albopictus*), procedente de territorios selváticos, se ha convertido en una amenaza real para la población europea. El aprendizaje de lucha biológica aplicada a la mosca de la fruta es el punto de partida de un proyecto que, teniendo en cuenta las particularidades de esta especie (entre las que hay que señalar que se trata de individuos más frágiles), pretende colaborar con las labores de control y extinción de una plaga que cada vez preocupa más a los responsables de salud pública europeos. Ya se han puesto en marcha los primeros trabajos experimentales que están realizando y se espera obtener buenos resultados. ■

Caudete de las Fuentes al Centro de Evolución de Insectos Estériles de Moncada (Evolucionario). En este centro emergerán los adultos y serán preparados para su liberación.

El transporte debe realizarse en condiciones predeterminadas muy estrictas. Las pupas llegan clasificadas en varios lotes y se distribuyen en jaulas donde evolucionan hasta el estado adulto en el interior de cámaras de temperatura y humedad controlada.

La emergencia de los primeros adultos se produce el segundo día. Tras la emergencia, los machos estériles son alimentados hasta que alcanzan la madurez sexual al cabo de tres días. A partir de ese momento en que son sexualmente maduros deben ser liberados al campo.

Antes de la liberación son sometidos a aromaterapia a base de aceite de jengibre, lo que potencia su competitividad sexual frente a los machos silvestres.

Al día siguiente se introducen en una cámara fría a 2 °C. Las bajas temperaturas producen un aletargamiento en las moscas que permite su manipulación. Se recogen de las jaulas y se cargan en los cartuchos de liberación que se transportan a la aeronave. La liberación también puede hacerse por medios terrestres, dependiendo de las zonas y las condiciones climatológicas, y se utilizan técnicas de sistemas de información geográfica (GIS) para establecer tanto las rutas como los flujos de insectos liberados.

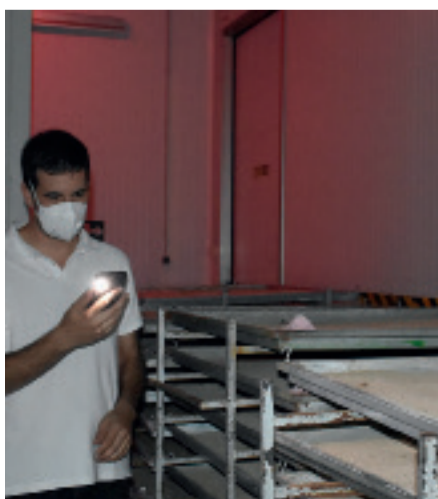
El seguimiento de poblaciones en el área de actuación se realiza a través de una red de monitorización compuesta por unas 1.200 trampas instaladas a lo largo de toda la superficie frutícola.

Los insectos capturados se recogen una vez a la semana por un equipo de inspectores de campo que los trasladan al Evolucionario, donde se diferencian los machos estériles de los silvestres. A partir de los datos de campo semanalmente se elaboran informes con los cuales se determina la estrategia de lucha. El control de calidad de los insectos estériles se realiza también en el centro de Moncada.

■ UN PROGRAMA CON FUTURO

El programa sigue creciendo y, por el momento, ya se está experimentando con el mosquito tigre. Además, se están introduciendo innovaciones para mejorar la eficacia de esta técnica al incluir el uso de hongos entomopatógenos que consiguen que las hembras silvestres infectadas tampoco puedan reproducirse tras su encuentro con un macho estéril infectado, aunque posteriormente copulen con un macho fértil.

En definitiva, estamos ante un programa de lucha biológica vanguardista y con resultados patentes del cual se pueden extraer experiencias, métodos y conclusiones aplicables a otras plagas cumpliendo, además, con los principios de eficacia y sostenibilidad.



Sala oscura de pupación donde llegan las bandejas de colecta.



Tambor rotativo donde se produce la tinción de las pupas antes de pasar a la maduración.



El proceso vuelve a empezar en las jaulas de adultos destinadas a la reproducción.



Sistema automático de recolección de huevos listos para su incubación.