

Desarrollo de estrategias de manejo integrado de plagas para eliminar las barreras sanitarias que restringen la exportación de productos agrícolas

Peter A. Follet¹
Ken W. Vick²

RESUMEN. Las cuarentenas se establecen para proteger a la agricultura de plagas exóticas, dado que la aparición de nuevas plagas puede resultar muy costosa por el aumento en los daños a los cultivos y por las restricciones sanitarias impuestas al comercio. Existen varios métodos para eliminar las plagas exóticas de los productos exportados. El método más común de cuarentena para el control de plagas consiste en una aplicación única de un tratamiento poscosecha al producto, tal como calor, frío o irradiación. Sin embargo, existe una gama de técnicas analíticas y opciones de mitigación. También se han usado tratamientos múltiples o combinaciones, tales como la condición de no ser hospedante, zonas libres de plagas, enfoques de sistemas y una variedad de esquemas de inspección diseñados especialmente como base para el establecimiento de la seguridad cuarentenaria. El mejor ejemplo de un manejo integrado de plagas (MIP) cuarentenario es el enfoque de sistemas. El enfoque integra muchos factores biológicos y físicos con procedimientos operativos para brindar seguridad cuarentenaria en forma acumulativa. Los componentes del enfoque de sistemas pueden variar muchísimo, pero con frecuencia incluyen inventarios de plagas, muestreo y captura, tratamiento de campo, prácticas agrícolas o culturales, resistencia de hospedantes, protección en poscosecha, períodos limitados para cosechar, distribución de ventas limitada y restricciones sobre la madurez de los cultivos en la cosecha. Las defensas múltiples proporcionan redundancia, de modo que si falla una medida de mitigación, existe otra defensa que todavía reduce el riesgo hasta un nivel de insignificancia. Dado que los enfoques de sistemas dependen mucho de un conocimiento acertado de la biología de la plaga y del hospedante y de cómo se relacionan entre sí, los programas pueden requerir mucho tiempo y su implementación resulta muy cara. Las necesidades de investigación para mejorar el MIP cuarentenario son el desarrollo de diseños óptimos de trampas para poblaciones de plagas con niveles bajos, cebos fabricados con feromonas o plantas, estudios de dispersión, tácticas de supresión de plagas en grandes áreas, estudios de las limitaciones ecológicas de las plagas y una metodología mejorada de evaluación de los riesgos.

Palabras clave: Manejo integrado de plagas, Barreras cuarentenarias, Exportación de productos agrícolas.

ABSTRACT. Development of IPM strategies to remove quarantine barriers restricting export of agricultural commodities World trade in fresh fruits and vegetables and other agricultural products is expanding rapidly to meet demands on existing markets and to supply new markets resulting from international trade agreements. Accompanying increased trade in agricultural commodities is the increased risk for inadvertently transporting quarantine pests to countries or regions where they do not already occur. Quarantines are erected to protect agriculture from exotic pests, as the establishment of new pests can be costly due to increased crop damage and quarantine restrictions on trade. Several approaches are available to exclude exotic pests from exported commodities. A single post-harvest treatment applied to the commodity, such as heat, cold, or irradiation, is the most common method of quarantine pest control. However, a range of alternative analytical techniques and mitigation options exist. Multiple or combination treatments, non-host status, pest-free areas, systems approaches, and a variety of specially designed inspection schemes have also provided the basis for establishing quarantine security. The best example of quarantine IPM is the systems approach. The systems approach integrates many biological and physical factors with operational procedures to cumulatively provide quarantine security. The components of the systems approach can vary widely, but commonly include pest

¹ USDA. Servicio de Investigación Agrícola, Centro de Investigación Agrícola en la Cuenca del Pacífico de EE.UU., Hilo, Hawaii. **Estados Unidos.**

² USDA. Servicio de Investigación Agrícola. Beltsville, Maryland. **Estados Unidos.** KWV@ars.usda.gov

survey, trapping and sampling, field treatment, cultural practices, host resistance, post-harvest safeguards, limited harvest period, limited sales distribution, and restrictions on crop maturity at harvest. Multiple safeguards provide redundancy so that if one mitigating measure fails other safeguards exist that still reduce the risk to a negligible level. Since systems approaches rely heavily on a sound knowledge of the pest and host biology and how they relate to each other, the programs can be time-consuming and costly to develop. Research needs to improve quarantine IPM are the development of optimal trapping designs for low level pest populations, improved pheromone or plant-based lures, dispersal studies, large-area pest suppression tactics, studies of the ecological limitations of pests, and improved risk assessment methodology.

Key words: Integrated Pest Management, Quarantine Barriers, Export of agricultural commodities.

Introducción

El comercio mundial de frutas y hortalizas frescas y de otros productos agrícolas está expandiéndose rápidamente para satisfacer las necesidades de los mercados existentes y para abastecer nuevos mercados que surgen de los acuerdos internacionales de comercio. Junto al aumento del comercio de productos agrícolas surge un mayor riesgo de transportar inadvertidamente plagas de importancia cuarentenaria a países o regiones donde no existen. Las cuarentenas se establecen para proteger a la agricultura de plagas exóticas, dado que la aparición de nuevas plagas puede ser muy costosa, debido al aumento en el daño a los cultivos y a las restricciones cuarentenarias al comercio. El costo anual de los daños causados por insectos y ácaros exóticos en Estados Unidos se ha calculado en más de

20 mil millones de dólares (Pimentel *et al.* 2002). Las plagas de importancia cuarentenaria pueden afectar seriamente la comercialización de productos agrícolas, no solo entre países, sino también entre áreas de un mismo país (por ejemplo, entre Florida y California; entre Hawái y Estados Unidos continental; de Queensland a Victoria, en Australia; de Okinawa a Japón) a menos que existan tratamientos o sistemas cuarentenarios aceptados para evitar la introducción de plagas (Fig. 1).

El manejo integrado de plagas (MIP) de cultivos agrícolas promueve el uso de una combinación de tácticas compatibles para mantener las poblaciones de plagas por debajo de los niveles que causan daños económicos, mientras se conserva la calidad del ambiente (Pedigo 1999). El objetivo del MIP en cultivos



Figura 1. Las medidas de cuarentena, tanto en puestos terrestres fronterizos entre países (A) como en aeropuertos internacionales (B), representan la manera preventiva y menos costosa de proteger la agricultura de plagas exóticas. Esto es así porque la introducción de plagas a nuevos ambientes puede resultar muy costosa, no solamente por el aumento en los daños a los cultivos, sino también por las restricciones sanitarias impuestas al comercio internacional.

agrícolas es reducir el nivel de la población de una plaga hasta un nivel tolerable, haciendo énfasis en que la eliminación de una plaga podría no ser práctica o incluso deseable. Como la exclusión es la meta de las plagas de importancia cuarentenaria, el MIP cuarentenario se diferencia del MIP de cultivos, en que al momento de la exportación, la tolerancia de la plaga objetivo en el producto es esencialmente cero. El MIP de cultivos y el MIP cuarentenario se diferencian del control de plagas tradicional en que buscan el manejo de las plagas en el contexto de todo el sistema de producción, en vez de un conjunto de problemas individuales, y en que se utilizan tácticas múltiples para resolver los problemas en vez de depender de una sola táctica, como el uso de plaguicidas o de un solo tratamiento poscosecha.

Aunque un solo tratamiento poscosecha aplicado al producto, tal como calor, frío o irradiación, es aún el método sanitario más común para el control de plagas, existe una gama de técnicas analíticas y opciones de mitigación para prevenir la introducción de plagas exóticas. Algunas de estas nuevas técnicas de control se han diseñado basadas en estrategias de MIP de cultivos. También se han usado tratamientos múltiples o en combinación, tales como la condición de no hospedante, zonas libres de plagas, enfoques de sistemas y una variedad de esquemas de inspección, diseñados especialmente como base para establecer la seguridad cuarentenaria.

A continuación presentamos varios enfoques para la exclusión de plagas de importancia cuarentenaria, con ejemplos del uso de cada enfoque.

Tratamientos poscosecha directos

Los tratamientos para plagas de productos poscosecha que requieren un grado máximo de seguridad cuarentenaria se conocen generalmente como tratamientos “probit 9”. El nombre se origina del método estadístico (análisis “probit”) que se usa para derivar la relación entre la dosis y su respuesta. Una respuesta en el nivel “probit 9” tiene como resultado una tasa de mortalidad del 99,9968%. El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) ha usado un 99,9986% de mortalidad como base para aprobar muchos tratamientos cuarentenarios. Esta táctica es equivalente a depender únicamente de insecticidas para controlar las plagas de un cultivo. Para productos muy infestados, un tratamiento “probit 9” generalmente proporciona una seguridad cuarentenaria adecuada; y la aplicación del tratamiento, con frecuencia ha de-

mostrado ser el método más rápido y de mayor aceptación para superar las restricciones fitosanitarias.

Muchos tratamientos de desinfección poscosecha afectan negativamente la calidad del producto; por lo tanto, reducir la severidad de un tratamiento cuarentenario podría mejorar la vida útil o su comercio del producto. Landolt *et al.* (1984) señalaron que el estándar “probit 9” podría ser demasiado estricto para productos que raramente están infestados o que no son buenos hospedantes. El método de la eficacia del tratamiento alterno mide el riesgo como la probabilidad de que una pareja en apareamiento o un individuo en edad reproductiva sobrevivan en un envío. Esto sucedería por muchos factores, como: la tasa de infestación, la separación y otros tratamientos de remoción poscosecha en frutas infestadas, el volumen del envío, las condiciones de envío y de almacenamiento y la mortalidad que estas condiciones ocasionan en la plaga, así como otros factores bióticos y abióticos (Liquido *et al.* 1997). La probabilidad del establecimiento de la plaga después del envío depende de muchos factores adicionales, incluyendo la disponibilidad del hospedante y la idoneidad del clima. El principal argumento cuantitativo para no aprovechar la eficacia del tratamiento “probit 9” es una tasa de infestación menor en el producto. Varios sistemas cuarentenarios de plagas y productos son manejados con el enfoque de la eficacia del tratamiento alterno (Follett y McQuate 2001).

Por ejemplo, el rambután en Hawaii no es buen hospedante de *C. illepidia* y *Cryptophlebia ombrodelta*, dos plagas que se alimentan dentro de la fruta. La tasa de infestación se estima en 0,001. Si asumimos que el tratamiento poscosecha brinda eficacia “probit 9” (99,9968% de mortalidad de la plaga), la probabilidad de que sobreviva una pareja en apareamiento de *Cryptophlebia*, en un envío de 10 000 kg de rambután se estima en 0,000027 (una pareja en apareamiento en 37 000 envíos) (Follett y McQuate 2001). Por lo tanto, el tratamiento brinda un nivel excesivo de combate y se podría desarrollar un tratamiento menos severo que proporcione seguridad cuarentenaria adecuada y reduzca los efectos adversos del tratamiento en la calidad del producto. Un beneficio adicional en el uso del enfoque de la eficacia del tratamiento alterno es que se necesitan menos insectos para desarrollar tratamientos cuarentenarios, lo que ahorra tiempo y recursos y ayuda a los agricultores a exportar sus cosechas de manera más oportuna (Follett y McQuate 2001).

Manejo integrado de plagas cuarentenario

El enfoque del MIP cuarentenario usa una combinación de tácticas compatibles para reducir el riesgo de las plagas hasta niveles insignificantes. A continuación se presentan tres enfoques de MIP cuarentenario: a) la condición de no ser hospedante, b) las zonas libres de plagas y c) el enfoque de sistemas, ordenados en secuencia según su nivel de complejidad.

Condición de no hospedante. Se puede exportar un producto si se demuestra que no es hospedante de una plaga durante todo o parte de su ciclo de crecimiento. A menudo, la base fisiológica que explica por qué una plaga de importancia cuarentenaria no prefiere un hospedante, no es totalmente entendida, y por ende, establecer la condición de no hospedante puede ser difícil, porque los investigadores deben realizar estudios de infestación bajo muchas condiciones.

Por ejemplo, recientemente se aprobó la exportación a EE.UU. de bananos "Cavendish" desde Hawaii, con base en la condición de no hospedante. Los bananos maduros son los hospedantes preferidos de la mosca del Mediterráneo (*Ceratitis capitata*) y de la mosca oriental de la fruta (*Bactrocera dorsalis*), en Hawaii, pero las frutas cosechadas antes de su maduración (verdes) no son hospedantes (Armstrong *et al* 2001). Como parte de las regulaciones que permiten la exportación, se deben satisfacer ciertas condiciones: a) los bananos verdes deben lavarse y separarse para eliminar otros insectos plagas de importancia cuarentenaria, además de las moscas de la fruta que podrían estar presentes; b) los racimos que contienen "manos" que han madurado precozmente o que permanecen en la plantación más de una semana después de la fecha programada para la cosecha, no pueden exportarse ni permanecer en las plantas empacadoras al mismo tiempo que los bananos que van a ser exportados; c) imperfecciones o fallas susceptibles a la infestación de moscas de la fruta, incluyendo bananos con cualquier tipo de daño que afecte la integridad de la cáscara y exponga la pulpa a la oviposición de la mosca de la fruta y bananos con puntas podridas, o infestados con la polilla, manos con dedos pegados y bananos que no cumplan con la coloración verde, no pueden ser incluidos junto con las frutas empacadas para exportación. Se están exportando bananos de Hawaii hacia EE.UU. por primera vez desde que se revocó el uso del dibromuro de etileno en 1984, pero el tiempo y los costos de la inspección intensiva en busca de plagas que han pa-

sado los controles, ha limitado las exportaciones a únicamente los mercados especializados más lucrativos.

Zonas libres de plagas. Las zonas libres de plagas son áreas identificadas o establecidas oficialmente en las cuales no existe la plaga "blanco" y esta condición se mantiene (Liquido *et al.* 1995). La condición de área libre de plagas está dirigida a productos específicos, de áreas geográficas específicas, con base en la ausencia de la plaga objeto o de un complejo de ellas. Las bases para aceptar un área como libre de plagas es una evaluación rigurosa del riesgo de la plaga combinado con una evidencia sólida de la eficacia de la vigilancia y mediciones de la exclusión que mantengan el área sin la plaga. Deben existir instrumentos de inspección sensibles para la detección de las plagas objeto. Una regla general es que los instrumentos de detección deben ser capaces de detectar poblaciones incipientes, antes de que lleguen a la tercera generación y se dispersen en un radio superior a los 2,5 km, de manera que las nuevas infestaciones puedan delimitarse y controlarse para mantener el área libre de la plaga (Liquido *et al.* 1995). Esto básicamente consiste en colocar una serie de trampas, las cuales previamente se han evaluado para asegurar que los resultados de la captura reflejen con exactitud la situación de la población de la plaga en el campo.

En el caso de las moscas de la fruta, los sistemas de trampas se validan mediante la comparación del número de adultos capturados en las trampas con el número de larvas detectadas al abrir la fruta. Con base en la información obtenida mediante el sistema de trampas, los funcionarios fiscalizadores deciden si la certificación debe continuar, suspenderse o iniciar medidas de supresión de la plaga que garanticen que el área vuelva a cumplir con las normas. La supresión, generalmente, se logra mediante la aplicación de insecticidas o cebos con insecticidas, aunque también se ha usado el método de liberar insectos estériles.

Los esfuerzos para establecer o demostrar que un área está libre de plagas, generalmente tienen mayor éxito cuando existen barreras geográficas, tales como océanos o montañas que ayudan a excluir las plagas, cuando el área está aislada de zonas urbanas y cuando los productos a exportar no son buenos hospedantes o son hospedantes que raramente se infestan con las plagas objeto.

Otro elemento importante en el programa es mantener la identidad de la fruta cosechada en áreas certi-

ficadas, para evitar que se mezclen con frutas de áreas no certificadas. Una de las consideraciones principales para determinar si se establece y mantiene una zona libre de plagas es la economía, pues la vigilancia constante y las medidas reguladoras tienen costos altos.

El primer programa de zona libre de plagas y el de mayor duración se estableció en Chile en 1982. El programa chileno está basado en un programa de vigilancia eficaz de moscas exóticas de la fruta, un fuerte programa de exclusión y la implementación inmediata y exitosa de procedimientos de emergencia cada vez que se detecta un adulto de la mosca del Mediterráneo u otro tipo de mosca de la fruta. Todas las provincias de Chile, excepto Arica, Iquique y Parinacota en el norte, están certificadas como zonas libres de plagas. Más de 25 tipos de frutas de zonas libre de plagas han sido aprobadas como productos de exportación a Estados Unidos, incluyendo manzanas, albaricoques, aguacates, cerezas, kiwis, nectarinas, melocotones, peras y caqui, las chirimoyas y las uvas requieren un tratamiento adicional, por la presencia de otras plagas. El programa de vigilancia está dirigido hacia la mosca del Mediterráneo y las moscas de la fruta del género *Anastrepha*. En Sonora, México existen otros programas de zonas libres de plagas para la exportación a EE.UU. de varias frutas que son hospedantes de la mosca del Mediterráneo y de *Anastrepha* spp. Para el área de Mossoro, Brasil fue aprobada la exportación de melón Honeydew, el cual es hospedante de *Anastrepha grandis*; y para Riverland en Australia se aprobó la exportación de cítricos que son hospedantes de la mosca del Mediterráneo, la mosca de la fruta de Queensland (*Dacus tryoni*) y otras moscas exóticas de la fruta.

Enfoque de sistemas. El mejor ejemplo de un MIP cuarentenario es el enfoque de sistemas. Este enfoque integra muchos factores biológicos y físicos con procedimientos operativos para brindar seguridad cuarentenaria. En general, los enfoques de sistemas son más difíciles de manejar que un tratamiento poscosecha “probit 9” o una zona libre de plagas porque se deben supervisar y monitorear muchos de los componentes para garantizar su cumplimiento (Liquido *et al.* 1995). Los componentes del enfoque de sistemas pueden variar mucho, pero comúnmente incluyen inventarios de plagas, captura mediante trampas y muestreo, tratamientos de campo, prácticas agronómicas, resistencia de los hospedantes, protección poscosecha, períodos de cosecha limitados, distribución limitada de las ven-

tas, y restricciones sobre la madurez de los cultivos al momento de la cosecha. Las múltiples defensas proporcionan redundancia, de modo que si falla una medida de mitigación, existen otras defensas que reducen el riesgo hasta un nivel de insignificancia. Dado que los enfoques de sistemas dependen mucho del conocimiento detallado de la biología de la plaga y del hospedante y de cómo se relacionan entre ellos, los programas pueden tomar mucho tiempo y pueden ser muy caros de desarrollar.

Los cítricos en Florida son un ejemplo de una aplicación actual y exitosa del enfoque de sistemas (Liquido *et al.* 1995). En este caso, este enfoque surgió a partir de un programa de zona libre de plagas iniciado a principios del decenio de los 80. La mosca de la fruta del Caribe (*Anastrepha suspensa*), no se considera una plaga de importancia económica en Florida, pero ocasionalmente ataca las frutas. Las exportaciones de cítricos a otros estados donde también se cultivan cítricos, así como al exterior, se permite con un enfoque de sistemas, el cual incluye la condición de ser un hospedante no preferido, la remoción de los hospedantes preferidos (la guayaba *Cattley*, la guayaba común, la manzana rosa, las cerezas Surinam y los nísperos), áreas de siembra establecidas como amortiguamiento, trampas, tratamientos de campo, períodos restringidos de cosecha y corte de la fruta.

Generalmente, hay dos vías de certificación (Riherd *et al.* 1994). Una se basa en trampas en huertos de por lo menos 120 ha y a más de 4,8 km de distancia de áreas residenciales (donde está la mayoría de los hospedantes preferidos); la otra se basa en aplicación de malatión en huertos de por lo menos 16 ha y a 0,8 km de áreas residenciales. En ambos casos, se utilizan trampas McPhail, colocando 15 trampas por 2,56 km². Si se detectan especímenes de *A. suspensa* en las trampas en un área designada o en su zona amortiguamiento, hay un procedimiento que elimina el estatus de área elegible hasta que sea fumigada y se vuelva a certificar. El costo del programa de certificación lo asumen los agricultores, a quienes se les cobra una cuota por hectárea por cada mes que participan. Funcionarios fiscalizadores realizan o supervisan muy bien todas las fases del programa, que incluye inventarios de hospedantes, trampas, conservación de la identidad de la fruta, tratamiento de fumigación, el empaquetado y la carga (Riherd *et al.* 1994).

Otros ejemplos del enfoque de sistemas son las naranjas mandarinas de Japón, los chiles dulces de Israel,

los cítricos de Texas y los frutales de la familia Rosaceae de California (Shannon 1994, Liquido *et al.* 1995). El USDA generalmente prohíbe la entrada de cítricos frescos desde lugares donde existe cáncer de los cítricos; a las naranjas mandarina ('Unshu') de Japón solo se les permite entrar a EE.UU. con un enfoque de sistemas que requiere un área de crecimiento establecida, con una zona amortiguadora, inspecciones de campo, tratamiento de la superficie, variedades resistentes, inspección y distribución limitada en EE.UU. Generalmente, el USDA prohíbe importar chiles dulces de áreas con presencia de la mosca del Mediterráneo. Se permite el ingreso a los chiles dulces de Israel con un enfoque de sistemas que incluye el cultivo del hospedante en invernaderos a prueba de moscas, ubicar el invernadero en zonas libres de mosca del Mediterráneo o donde sea poco común, el uso de trampas en las áreas aledañas y el uso de empaques a prueba de moscas.

Otro ejemplo es la mosca de la fruta de México (*Anastrepha ludens*), la cual está presente en el sur de Texas y es una plaga seria de los cítricos. Un enfoque de sistemas permite la movilización interestatal de naranjas y toronjas de tres condados en el Valle del Río Grande, después de que las tres áreas estén certificadas, se liberen moscas estériles, se usen trampas y un tratamiento con cebos y malatión.

La polilla oriental de la fruta (*Grapholita molesta*) es una plaga de los melocotones, las nectarinas y los albaricoques en el Valle de San Joaquín en California. *G. molesta* no está presente en la Columbia Británica, Canadá ni México, donde existen fuertes mercados para la fruta californiana. Como alternativa a la aplicación de productos sintéticos, se ha desarrollado un enfoque de sistemas para el control de esta plaga, basado en la participación de los agricultores, el control en las plantaciones, el monitoreo utilizando trampas y podas, medidas de sanidad en las instalaciones de empaque y corte de la fruta, y certificaciones de los envíos e inspecciones en el punto de entrada, para garantizar que las frutas exportadas estén sin moscas (Canadian Food Inspection Agency 2001, USDA-APHIS-PPO 2000).

Necesidades de investigación

La investigación en varios temas aumentará nuestra capacidad para aplicar los principios del MIP a los problemas de cuarentena. Se han desarrollado y evaluado modelos teóricos sobre diseños óptimos de trampas, pero se considera que la distribución espacial de las trampas usadas para detectar incursiones de

moscas de la fruta podría no ser adecuada para detectar niveles bajos de poblaciones incipientes. Se necesita información empírica de los estudios de campo sobre invasiones de plagas, tanto reales como simuladas, para probar las hipótesis de los modelos. La eficacia de las trampas es un componente importante de los programas de inspección y detección.

La eficacia de una trampa es determinada por su ubicación, capacidad de atracción, ámbito de atracción de la plaga objeto y densidad de trampas. Esta se determina, en parte, por el costo de las trampas y su servicio, y por los recursos disponibles para el programa de vigilancia. Un mayor perfeccionamiento de cebos con feromonas y atrayentes vegetales mejorará la capacidad de detección.

La evaluación basada en modelos de diseño de trampas depende mucho de la información sobre la dispersión de las plagas. Sin embargo, los estudios realistas sobre la dispersión de las plagas son escasos y muy difíciles de realizar. En la mayoría de los casos, los experimentos de marcado y recaptura recuperan solamente una fracción de los insectos liberados y dejan a los investigadores preguntándose: ¿qué fracción de los individuos restantes murió antes de volver a ser capturados y cuál fracción se dispersó más allá del área de recaptura? Se necesitan, urgentemente, estudios rigurosos y bien diseñados de dispersión de plagas de importancia cuarentenaria.

Actualmente se usan tácticas de supresión de plagas en áreas grandes, o tácticas de erradicación para controlar los brotes de plagas exóticas. Las tácticas incluyen control biológico, uso de plaguicidas, sustancias atrayentes como cebos (cebos atrayentes), liberación de insectos estériles, manipulación del hábitat, o combinaciones de éstas. Algunos de los factores que favorecen el éxito en un programa de supresión o de erradicación son la pronta iniciación del programa después de la detección, la mala adaptación de la plaga al nuevo ambiente, la especificidad del hospedante o del hábitat, la baja tasa de reproducción y pocas generaciones al año, las técnicas de monitoreo eficientes y baratas para niveles bajos de infestación, buenos incentivos económicos y un programa eficaz de educación pública (Myers *et al.* 1998). Muchos programas de erradicación no han tenido éxito, y a menudo la supresión es una meta más realista (Myers *et al.* 1998).

La introducción y ubicación de cada una de las plagas presenta una situación singular, y la informa-

ción que se necesita obtener mediante la investigación varía conforme a esto. Por ejemplo, la competitividad de los machos para aparearse a menudo se reduce en los programas de liberación de insectos estériles y, generalmente, se desconoce el mecanismo que provoca esa reducción. Investigaciones recientes muestran que la aromaterapia con aceite de jengibre mejora el apareamiento de la mosca del Mediterráneo con machos estériles y la alimentación con metil eugenol mejora la competitividad de los machos estériles de la polilla oriental de la fruta durante el apareamiento (Shelly 2001, Shelly, com. pers). Por ello, la exposición de los machos estériles a compuestos químicos exógenos puede mejorar la eficacia de los programas de liberación de insectos estériles.

El conocimiento de las limitaciones ecológicas de las plagas exóticas ayudará a enfocar los esfuerzos de vigilancia y, potencialmente, permitirá comerciar los productos de zonas libres de plagas o exportar productos agrícolas a áreas donde la plaga no se establecerá debido al clima o la ausencia de hospedantes. Esta información también ayudará a predecir el grado y los límites del ámbito de expansión de la plaga, cuando ésta se establece en un lugar donde antes no estaba.

Un mayor conocimiento de las plagas exóticas relacionado con el producto hospedante mejorará las valoraciones del riesgo de estas plagas. Los elementos esenciales de una valoración del riesgo de una plaga son el grado de infestación del producto y la tasa máxima de infestación en el país o la región exportadora, la probabilidad de entrada, la probabilidad de establecimiento y las consecuencias de esto. La información cuantitativa de gran exactitud sobre la biología de la infestación de la plaga es un primer paso crítico, pero a menudo constituye el eslabón más débil en la valoración del riesgo. La plaga puede ser común en el producto, en cuyo caso podría ser necesario utilizar un tratamiento “probit 9”, o podría ser escaso, por el sistema de manejo, la falta de idoneidad del hospedante o el uso de cultivares resistentes, asincronía fenológica entre la plaga y el producto, o limitaciones ecológicas. Se debe usar la frecuencia y distribución de las plagas en el producto para determinar el nivel de inspección necesario para detectar las plagas. Sin embargo, esto casi no se hace. Se ha usado el análisis de escenarios y simulaciones de Monte Carlo para predecir el riesgo (Griffin y Millar 1994, Phillips *et al.* 1994). Los enfoques con modelos de predicción serán útiles

para identificar vacíos de conocimiento y para señalar los estudios empíricos necesarios con el fin de mejorar la precisión de los modelos.

Literatura citada

- Armstrong, JW. 2001. Quarantine security of bananas at harvest maturity against Mediterranean fruit fly and oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae). *J. Econ. Entomol.* 94:302-314.
- Canadian Food Inspection Agency. 2001. Pilot project for the oriental fruit moth certification program. Directive D-99-04. Ontario, Plant Health and Production Division, Plant Products Directorate, Canadian Food Inspection Agency. 13 p.
- Follett, PA; McQuate, GT. 2001. Accelerated development of quarantine treatments for insects on poor hosts. *J. Econ. Entomol.* 94:1005-1011.
- Griffin, RL; Miller, CE. 1994. Scenario analysis for the risk of Pine Shoot Beetle outbreaks resulting from the movement of pine logs from regulated areas. Hyattsville, MD, USDA, Animal and Plant Health Inspection Service.
- Landolt, PJ; Chambers, DL; Chew, V. 1984. Alternative to the use of probit 9 mortality as a criterion for quarantine treatments of fruit fly (Diptera: Tephritidae) infested fruit. *J. Econ. Entomol.* 77:285-287.
- Liquido, NJ; Griffin, RL; Vick, KW. 1997. Quarantine security for commodities: current approaches and potential strategies. USDA Publ. Series 1996-04.
- Myers, JH; Savoie, A; Van Randen, E. 1998. Eradication and pest management. *Annu. Rev. Entomol.* 43:471-491.
- Pedigo, LP. 1999. *Entomology and Pest Management* Upper Saddle River, NJ, Prentice-Hall.
- Phillips, D; Roberts, W; Chandrashekar, M. 1994. Pest risk analysis of seedborne pests of barley, wheat, maize, and sorghum from the USA and Canada, Part 2: The level of risk of establishment of key groups of identified pests in relation to proposed management protocols for the import of bulk cereal grains. Canberra, Australia, Bureau of Resource Sciences, Australian Quarantine and Inspection Service (AQIS).
- Pimentel, D; Lach, L; Zúñiga, R; Morrison, D. 2002. Environmental and economic costs of alien arthropods and other organisms in the United States. In Hallman, GJ; Schwalbe, CP. Ed. *Invasive Arthropods and Agriculture: Problems and Solutions*, Enfield, NH, Science Publishers. *En prensa*.
- Riherd, C; Nguyen, R; Brazzel, JR. 1994. Pest free areas. In Sharp, JL; Hallman, GJ. Ed. *Quarantine Treatments for Pests of Food Plants*. Boulder, CO, Westview Press. p. 213-223.
- Shannon, MJ. 1994. APHIS. In Sharp JL; Hallman, GJ. Ed. *Quarantine Treatments for Pests of Food Plants*. Boulder, CO, Westview Press. p. 1-10.
- Shelly, TE. 2001. Exposure to alpha-copaene and alpha-copaene-containing oils enhances mating success of male Mediterranean fruit flies (Diptera: Tephritidae). *Ann. Entomol. Soc. Amer.* 94:497-502.
- USDA-APHIS, Plant Protection and Quarantine; Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural de México; Comisión Nacional de Sanidad Agropecuaria, Dirección General de Sanidad Vegetal. 2000. Work plan for the pilot program for the exportation of peaches and nectarines under systems approach from the United States to Mexico. México, USDA-APHIS International Services. 20 p.