

Manejo Integrado de la Mosca Blanca en Arizona

Peter C. Ellsworth & Steven E. Naranjo

Department of Entomology, Maricopa Agricultural Center, Maricopa, AZ, USA &
USDA-ARS, Western Cotton Research Laboratory, Phoenix, AZ.

El Problema

La mosca blanca del camote, *Bemisia tabaci* Genn., ha estado presente en Arizona desde la aparición de las primeras plantaciones de algodón cerca de 1920 (Russell 1975). A través de su historia en Arizona, la mosca blanca ha sido importante como una plaga esporádica y como vector del virus de la hoja arrugada del algodón. Al mismo tiempo, se reportaron brotes de la mosca blanca en otras partes del mundo como Sudan, el Punjab en India e Israel. En el Nuevo Mundo también se han observado brotes de este insecto, aunque en menor grado. Dichos incrementos poblacionales se han observado a través de Centro y Sur América (por ejemplo en soya en Brasil). Las poblaciones de mosca blanca responsables de estos brotes pueden haber pertenecido a uno o más de los biotipos que este insecto presenta. Sin embargo, durante la década de los 80s un nuevo tipo de mosca blanca asociada con el síndrome del plateado de la hoja de la calabacita fue descubierto en California. Este nuevo biotipo fue renombrado como la mosca causante del plateado de la hoja, *B. argentifolii* (Bellows & Perring). Actualmente, los nombres *B. tabaci* biotipo B y *B. argentifolii* (SWF, por sus siglas en inglés) son utilizados como sinónimos (Vea la revisión de Perring 2001). Este complejo de especies fue el que invadió Arizona al principio de la década de los 1990s y que ha alterado irrevocablemente el manejo integrado de plagas en nuestro estado.

La importancia de la mosca blanca en algodón en Arizona estriba no sólo de la capacidad de este insecto de interrumpir y disminuir el flujo del floema en las plantas, sino también de la excreción de mielecilla, la cual contamina las hojas y la fibra del algodón con azúcares. Estos azúcares hacen que la fibra cosechada se vuelva pegajosa al momento de ser procesada en las máquinas de alta velocidad. Adicionalmente, estos azúcares también sirven como medio de crecimiento de

hongos que debilitan y decoloran la fibra. Debido a que el sistema actual de clasificación del algodón utilizado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA por sus siglas en inglés) y los sistemas de comercialización no miden los niveles de contaminación de azúcar en la fibra, no hay un método en el mercado que permita evitar el alto costo del paro de las máquinas que resulta del procesamiento de fibra contaminada. Por ello la solución ha sido el evitar la compra de fibra de regiones de las que se sospeche provenga algodón contaminado con niveles inaceptables de azúcar. Esto ha producido una presión del mercado sobre los precios lo que a su vez ha provocado que algunas regiones del mundo reciban precios relativamente bajos por su producción de algodón, aunque estas estén libres de azúcares.

La mosca blanca invadió Arizona en 1990 entrando por la región más suroeste del estado. Ya en 1991 las áreas de producción de vegetales, melones y algodón sufrieron pérdidas significativas. Luego el insecto comenzó a desplazarse hacia los valles del desierto bajo de la región central de Arizona, donde se produce más de dos tercios del total del algodón del estado. En 1992, Arizona experimentó el primer brote de mosca blanca a través del estado, con pérdidas en todas las áreas de baja elevación (< 700 m). Este brote fue exacerbado por la falta de conocimiento del potencial de daño de esta plaga y de su control. Una vez que la fibra cosechada alcanzó los mercados y los compradores comenzaron a tener problemas en las fábricas procesadoras, los precios ofrecidos por el algodón de Arizona, cuando se podía vender, sufrieron bajas considerables. Durante este período se reportaron reducciones en el precio de entre \$0.02–0.07 por libra de fibra (Ellsworth et al. 1999). El manejo de esta plaga mejoró sustancialmente en los dos años siguientes gracias a los avances en las tecnologías de control y en los sistemas de toma de decisiones que las apoyaban. El “descuento” informal en el precio por lo tanto fue menos severo. Sin embargo en 1995 Arizona experimentó su segundo brote de mosca blanca en la que poblaciones extremas de esta plaga invadieron los campos en forma de nubes de insectos al final de la temporada. Este brote fue asociado con reducciones sustanciales en la eficacia de los piretroides sinergizados y con el incremento en la resistencia de la mosca blanca a estos insecticidas, los cuales eran el principal componente del control químico durante la década de los 1990s (Dennehy & Williams, 1997). El mercado nuevamente reaccionó negativamente pagando precios reducidos por la fibra de algodón producida en Arizona.

Algunos años han pasado desde esa último brote de mosca blanca en 1995 y el manejo de la mosca blanca ha mejorado dramáticamente desde 1996 cuando se desarrollaron cambios drásticos en las tácticas de control (descritos más adelante). Sin embargo, en la actualidad los productores en Arizona todavía reciben menos dinero por su algodón, relativo al precio de los productos a futuro del mercado de Nueva York (aprox. \$-0.02/lb), de lo que ellos recibieron 15 años atrás (aprox. \$+0.02), antes de la introducción de la mosca blanca en nuestra región. Aún así, nuestra reputación de producir una fibra de alta calidad ha sido restaurada y nuestra continua vigilancia permite pensar que un día cercano se borraría la memoria de 1992 y 1995.

La Respuesta

La respuesta a las crisis enfrentadas en 1992 y 1995 fue multilateral. Se dieron cambios importantes e inmediatos en la dirección de la investigación de la comunidad científica (Universidades y el USDA) cuyo enfoque se volcó al problema de la mosca blanca. Grupos tanto de agricultores como de la industria agroquímica también respondieron con programas de investigación que ellos mismos implementaron. Finalmente, también hubo un esfuerzo coordinado por parte de los educadores para desarrollar, implementar y diseminar información al sector agrícola. Cada uno de estos avances proporcionó los componentes que forman parte del exitoso programa de manejo integrado de plagas que se encuentra actualmente en utilización.

La solución del problema de la mosca blanca involucró la planeación e implementación de programas de investigación organizada a través de Arizona y en general a través de Estados Unidos (ver Oliveira et al. 2001). Muchos investigadores tanto dentro como fuera de estos programas trabajaron febrilmente para encontrar soluciones a corto y mediano plazo. Las contribuciones de estos investigadores se han resumido en reseñas científicas y otros libros (ver reseña de Gerling & Mayer, 1996; y de Naranjo & Ellsworth, 2001). Las áreas de mayor e inmediato impacto incluyen el muestreo, los niveles críticos, el control cultural y químico, la metodología y técnica de aplicación y el manejo de la resistencia.

La comunidad agrícola y la agroindustria no permanecieron inactivas durante este período. El desarrollo de nuevos compuestos químicos (Ej.: imidacloprid), la utilización eficaz de compuestos antiguos (Ej.: amitraz) y la combinación de químicos recientes (Ej.: fenprothrin + organofosforados) fueron claves. Adicionalmente, se formaron grupos de agricultores que participaron en programas regionales que promovieron muestreos coordinados y la aplicación a tiempo de compuestos químicos (ver Antilla et al. 1995).

El sistema educativo también se activó durante la crisis de la mosca blanca (Ej.: Sistema de Extensión Cooperativa del USDA con cooperación de Universidades). Científicos extensionistas desarrollaron programas educativos que incluyeron elementos de investigación adaptable, implementación coordinada, publicación acelerada y disseminación de información (Ej.: Ellsworth et al. 1996b).

Finalmente, la solución actual dependió de un elemento clave que se hizo posible gracias a un alivio de las regulaciones en el uso de insecticidas. Esta modificación de las regulaciones fue apoyada por los científicos extensionistas, los grupos de agricultores productores de algodón y los registradores de productos químicos. En 1996, Arizona solicitó una dispensa de la sección 18 del código de la EPA para dos insecticidas no registrados, la cual fue concedida. Estos insecticidas eran dos reguladores del crecimiento de insectos (IGR, por sus siglas en inglés) los que ahora son piezas claves del programa integrado de manejo de plagas que se presenta abajo.

El plan Arizona

El manejo integrado de plagas depende de la integración de tácticas y elementos estratégicos que forman parte de un plan general que debe de tomar en cuenta intereses económicos, sociales y ambientales. Los costos económicos del brote de mosca blanca para los agricultores de Arizona alcanzaron más de \$10 millones por año (Tabla 1; Ellsworth et al. 1999; Ellsworth & Jones, 2000, 2001). Los costos sociales incluyeron la pérdida de trabajos (e.g., Gonzales et al. 1992), la reducción de la calidad de las comunidades rurales, así como también la fricción que se dió entre las comunidades agrícola y urbana cuando la invasión del brote de mosca blanca impactó la

calidad de vida de millones de residentes urbanos. El impacto ambiental que implicó el incremento en el uso de insecticidas en la década de los 1990s no se puede estimar. Sin embargo, la utilización de insecticidas foliares en algodón en Arizona presentó el máximo nivel observado en 25 años en 1995 (más de 12 aplicaciones / acre).

El plan Arizona, establecido en 1996, ha logrado reducir o eliminar la mayoría de problemas mencionados anteriormente. Esto ha logrado que este programa se convierta en una de las más sobresalientes y dramáticas historias de éxito en manejo integrado de plagas en la pasada centúria. Durante 1999 se observó el nivel más bajo en utilización de insecticidas en el algodón de Arizona en 25 años, con tan sólo 2 aplicaciones foliares por acre requeridas para el control de todas las plagas. Al comparar el promedio de 5 años antes y después de la implementación del manejo integrado de plagas, el programa actual ha permitido un ahorro de más de \$100 millones solamente en control de mosca blanca en algodón (Tabla 1). Los mercados de melón de otoño y de vegetales, los cuales habían sido limitados debido a la presencia de mosca blanca, están floreciendo en el suroeste del estado y se están expandiendo a otras áreas. La fricción existente entre las comunidades urbanas y rurales ha sido eliminada. Además, con regularidad se han dado reportes informales del aumento de la diversidad y abundancia de enemigos naturales en campos sembrados con algodón.

El manejo de mosca blanca dentro de este plan depende de tres aspectos fundamentales: “*Muestreo*”, “*Uso efectivo de químicos*” y “*Prevención*”. Las partes que integran estos tres aspectos claves para el manejo integrado de la mosca blanca han sido organizados en una pirámide conceptual la cual ha sido revisada y detallada en publicaciones recientes (Ellsworth & Martínez-Carrillo, 2001). El resto de este artículo presentará brevemente la estructura de esta pirámide así como también sus componentes (Fig. 1), y a la vez enfatizará algunos de los mayores logros conseguidos durante el desarrollo de este plan de manejo integrado de plagas.

Todas aquellas prácticas que sirven para prevenir o mantener los niveles de la plaga abajo de los niveles de daño económico son agrupados dentro de la “*Prevención*”, la cual forma la base de este y cualquier otro programa de manejo integrado de plagas (Fig. 1). La *Prevención* puede subdividirse con el “*manejo de cultivos en su base*”. Algunos de los factores y prácticas dentro

del manejo de cultivos sirven para limitar los números de mosca blanca en forma directa o indirecta a través de la uniformidad del manejo, el cual limita el movimiento migratorio de los adultos de un campo a otro. El segundo nivel de *Prevención* puede denominarse como “*conoce a tu enemigo*” ya que solamente a través del entendimiento de la biología y ecología de la plaga se puede explotar sus debilidades. Por ejemplo, en el estado de Arizona se siembra algodón a diferentes altitudes lo cual permite el desarrollo de diferente número de generaciones poblacionales (a nivel del mar, a 400 m, a 800 m) lo cual implica diferentes respuestas al manejo. Debido al hábito polífago y la movilidad de esta plaga, la *Prevención* depende de la implementación de varias tácticas que permitan un “*Impacto Regional*”. La totalidad de este nivel depende de la estabilidad de los sistemas de manejo para los diferentes cultivos presentes en este agroecosistema (en nuestro caso, melones de primavera y otoño, algodón en verano y vegetales de invierno; ver Palumbo et al. 1994, 2000). Debido a nuestro clima desértico, y al consecuente uso de la irrigación, el estado de Arizona provee oportunidades para el desarrollo de plantas hospederas de mosca blanca a lo largo del año en muchas áreas (Watson et al. 1992). Por lo tanto, el beneficio de la comunidad agrícola solamente puede lograrse a través de la colaboración e interacción de los diferentes grupos de agricultores. Esto implica especial atención a aquellos cultivos ubicados cerca de cultivos sensibles, la sanidad post-cosecha (especialmente en melones), y la concientización del tiempo y dirección del movimiento entre cultivos de la mosca blanca. El estado de Arizona ha fomentado e incluido elementos importantes de la interacción y organización entre grupos productores de diferentes cultivos (Palumbo et al. 1999, 2001; Palumbo & Ellsworth, 2002).

Finalmente, sin embargo, cuando se alcanzan niveles dañinos de mosca blanca, el plan Arizona depende de los dos niveles más altos de la pirámide. El *Muestreo* se encuentra en lo más alto de la pirámide y sirve a los otros niveles de manejo. Nuestros planes de muestreo actuales se basan en investigación sólida (Naranjo & Flint, 1994, 1995; Naranjo et al. 1996b), han sido validados e implementados adecuadamente (Ellsworth et al. 1996b; Naranjo et al. 1997), y se enseñan en forma rutinaria a los productores a través de publicaciones y demostraciones (Ellsworth et al. 1995, 1996c; Diehl et al. 1996, 1997). Nuestros planes de muestreo también son multidimensionales, específicos para diferentes estadios, y son asociados con niveles críticos y etapas de aplicación de insecticidas específicos. Por ejemplo, el decidir que se necesita utilizar

reguladores de crecimiento (IGRs) depende de un sistema de muestreo que incluye adultos y ninfas grandes de mosca blanca (Fig. 2). Este sistema binomial está basado en el conteo de hojas o discos “infestados” o “no infestados” con mosca blanca encontradas en hojas principales ubicadas en la quinta posición abajo de la hoja terminal. En general el muestreo de 30 hojas/discos, debe tomar alrededor de 7 minutos para una unidad de manejo (campo de 40-80 acres). Este plan de muestreo, así como otros elementos de control, fueron enseñados a más de 700 agricultores y consejeros de control de plagas en 1996 como parte de una campaña organizada para el lanzamiento del nuevo sistema de manejo integrado de plagas y para preparar a la industria para la utilización de los nuevos reguladores de crecimiento (Ellsworth & Martínez-Carrillo, 2001).

“*El uso efectivo de químicos*” es parte central del programa de manejo integrado de plagas, en donde los insecticidas son utilizados solamente cuando es necesario y en la forma más eficaz. Con muestreos adecuados, es posible utilizar “*Niveles Críticos*” apropiados para la aplicación precisa y puntual de los reguladores de crecimiento (Etapa I; Dennehy et al. 1996a; Ellsworth et al. 1996a) y de otros insecticidas para el control de mosca blanca (En Etapas II y III). Los niveles críticos para mosca blanca son basados en investigación y son clave para “*El uso efectivo de químicos*”, además de que informan al usuario del momento óptimo de su utilización. Para ello nosotros enfatizamos el uso de un sistema dual de muestreo y decisión. Cuando se encuentra un 40% de hojas infestadas con 3 o más adultos y 40% de discos infestados con 1 o más ninfas grandes (instar 3 o 4) es cuando es más apropiado utilizar reguladores de crecimiento (IGRs) y deben preceder la utilización de cualquier otro insecticida. El seguimiento de estas aplicaciones con la utilización de insecticidas convencionales contra adultos debe realizarse cuando el 57% de las hojas están infestadas con 3 adultos o más.

Al centro del “*uso efectivo de químicos*”, ubicado precisamente al centro de toda la pirámide de manejo integrado, se encuentra el uso de “químicos selectivos y eficaces”. Knack[®] (pyriproxyfen, Valent USA), es un juvenoide esterilizante, y Applaud[®] (ahora conocido como Courier[®], buprofezin, Nichino America), es un inhibidor de la muda. Estos son químicos altamente selectivos y sumamente efectivos en para el control de la mosca blanca en nuestro sistema (Ishaaya et al. 1988; Ishaaya & Horowitz, 1992). Admire[®] (imidacloprid, Bayer

AgriSciences), cuando se aplica al suelo en melones y vegetales, es también muy selectivo y eficaz. La adopción generalizada de estos tres compuestos ha proveído un control efectivo y a la vez selectivo, lo que ha causado una reducción general y dramática de las poblaciones de mosca blanca a través de nuestro agroecosistema.

Estudios ecológicos recientes han demostrado cuan importantes, aunque estratégicamente pequeñas, son las contribuciones de los reguladores de crecimiento a la mortalidad de mosca blanca (Ellsworth & Naranjo, datos no publicados; Naranjo et al. 1998b; Naranjo & Ellsworth, 1999). Por ejemplo, una comparación realizada entre poblaciones dejadas sin control (que resultaron en brotes masivos) y aquellas donde se utilizó los reguladores de crecimiento reveló que la sobrevivencia generacional de poblaciones en donde se utiliza reguladores de crecimiento (IGRs) es de menos de 1% comparado con 4% en aquellas donde no se utilizó ningún control. Esta diferencia de 3% entre los brotes masivos y un buen control es lograda por la utilización de estos reguladores de crecimiento y por la consecuente mortalidad resultante de la acción de los factores naturales.

Por lo tanto, la utilización en forma regional de los reguladores de crecimiento (IGRs) de acuerdo a decisiones racionales basadas en protocolos aceptados interactúa con otros niveles dentro de la pirámide de manejo integrado de plagas, como la *Prevención*. Gracias a la investigación de las dinámicas de mortalidad en el campo, a través de la utilización de tablas de vida, hemos podido demostrar una significativa “*Conservación de Enemigos Naturales*” cuando los reguladores de crecimiento son utilizados adecuadamente. Por ello, hemos desarrollado un nuevo concepto denominado “bioresidualidad” que explica la capacidad única y dinámica de control sostenido que provee la selectividad de los reguladores de crecimiento. Según la definición dada por Ellsworth & Martínez-Carrillo (2001), la bioresidualidad es la totalidad de la capacidad de control (poder de muerte) de una técnica de control de insectos en la cual se incluye su efecto directo (Ej.: residualidad del químico), además del control que proveen los factores biológicos y ecológicos subsecuentes (ver Naranjo 2001). Este concepto ayuda a explicar el intervalo tan largo de supresión experimentado por los agricultores cuando utilizan reguladores de crecimiento, el cual dura hasta 30 días luego de una aplicación. Adicionalmente, nuestros estudios también han demostrado que programas de control basados en la utilización de

reguladores de crecimiento pueden sostenerse a largo plazo debido a esta bioresidualidad, lo que los hace superiores a otros programas basados en insecticidas convencionales que actúan más que todo sobre adultos y que son de amplio espectro. Específicamente, hemos presentado información analítica de ensayos de campo donde se confirma que tanto Applaud como Knack duran un máximo de 14 días en el campo (como molécula química). Sin embargo, al añadir los efectos de la depredación y de otros factores de mortalidad natural se obtienen periodos prolongados de supresión (hasta 7–8 semanas) con sólo una aplicación de Applaud o Knack. Datos de nuestros ensayos a gran escala indican que el intervalo promedio de “control” cuando se utiliza un regulador de crecimiento es de entre 4-8 semanas, mientras que el control cuando se utiliza un insecticida convencional dura solamente 16 días (Ellsworth & Naranjo, datos no publicados).

Con respecto al “*uso efectivo de químicos*” incluyendo los reguladores de crecimiento (IGRs) nuestras recomendaciones son tres: 1) Utilizar reguladores de crecimiento primero (y solamente una vez cada uno) y aplicarlos basados en el nivel crítico de 40% de hojas o discos infestados con adultos y ninfas; 2) Utilice reguladores de crecimiento en forma sencilla, sin combinarlos con otros productos químicos, en lo posible, para maximizar la bioresidualidad; y 3) Retrasar la aplicación de químicos de seguimiento por lo menos 14-21 días para permitir que por lo menos una generación de mosca blanca sea afectada por los reguladores de crecimiento, los cuales actúan de forma lenta (Ellsworth et al. 1996a).

Claramente cuando un programa de manejo integrado de plagas depende de algunos químicos selectivos y eficaces se deben de tomar todas las acciones posibles para mantener la eficacia de dichos compuestos. Es así que debemos de compartir la responsabilidad para el “*Manejo de la Resistencia*”. La pérdida de susceptibilidad de la mosca blanca a los piretroides en 1995 nos enseñó la importancia del desarrollo y adopción de directivas estrictas de manejo de resistencia (Dennehy & Williams, 1997). Todos los insecticidas utilizados para control de mosca blanca se deben usar en tres fases siendo la primera fase la de los reguladores de crecimiento, lo que permite poder tomar ventaja de la bioresidualidad. Cada regulador de crecimiento se debe utilizar solamente una vez (Ellsworth et al. 1996a; Palumbo et al. 2001). Desde su introducción en 1996 no se han descubierto cambios en la susceptibilidad por parte de la mosca blanca a los

reguladores de crecimiento (Ellsworth et al. 1999b; Dennehy et al. 2002). La utilización de diferentes fases permite proteger la efectividad de los piretroides al conservarlos para su uso durante la última fase (Fase III: combinaciones de piretroides) y al limitar su uso a no más de 2 aplicaciones por temporada (para el control de cualquier plaga). La Fase I incluye la utilización una sola vez de cada uno de los reguladores de crecimiento. La Fase II incluye otros insecticidas que no sean piretroides y que son recomendados para uso por lo menos una vez antes de los productos de la Fase III. Ningun ingrediente activo puede utilizarse más de dos veces, sea cual sea la plaga, bajo este régimen (Ellsworth et al. 1996a; Ellsworth & Watson 1996).

En el caso de una plaga polífaga como la mosca blanca, la protección de la eficacia de los compuestos químicos mediante el uso de medidas estrictas de manejo de resistencia no sirve de nada si dichos planes sólo se implementan en un cultivo. Por ello, nuestro esfuerzo más reciente se enfoca en la armonización del control de la mosca blanca a través de diferentes cultivos que comparten a este insecto como una plaga clave y que basan sus controles en la utilización de los mismos productos químicos. Una reseña de estos esfuerzos ya ha sido publicada (Palumbo et al. 2001). Brevemente, el sistema de control a través de diferentes cultivos depende de la categorización del agroecosistema en Arizona como uno que incluye “Comunidades de producción intensiva de algodón” o uno en donde hay “Comunidades de producción de cultivos múltiples”. La mayoría del estado de Arizona puede ubicarse en lo que denominamos como de producción intensiva de algodón (tipificado por el área de Buckey), en donde el uso de los reguladores de crecimiento es predominante. Sin embargo, hay muchas áreas pequeñas a lo largo del Estado donde se da la producción intensiva de cultivos múltiples como lo es el área de Yuma, zona adjacente a Méjico y California. Por lo tanto diferentes recomendaciones han sido desarrolladas para cada uno de estos tipos de comunidades (ver Palumbo & Ellsworth, 2002). El tipo de unidad dentro de cada comunidad se elige en forma subjetiva, pero debe basarse en el conocimiento del movimiento local de la mosca blanca así como su interacción con los cultivos de la zona. Definitivamente, un productor de algodón ubicado en las cercanías de otro que produce melones de primavera u otoño debe considerarse parte de una comunidad de producción intensiva de cultivos múltiples, aún si la comunidad en general es considerada como de monocultivo.

Como resultado, las recomendaciones de “*Manejo de Resistencia*” pretenden separar y limitar los usos de ingredientes químicos claves. Por ejemplo, se recomienda el uso de Applaud, producto registrado para uso en varios cultivos, una vez por temporada de cultivo y 3 usos por año (en un área de cultivos múltiples), con un intervalo de por lo menos 4 semanas o dos generaciones de mosca blanca entre aplicaciones. La utilización de Neonicotinoides como thiamethoxam, acetamiprid, thiacloprid, y dinotefuron, así como el original, imidacloprid, es extremadamente valiosa en el desierto bajo para control de mosca blanca y afidos. Una vez que todos estos ingredientes activos hayan sido registrados y esten disponibles en el mercado existe la posibilidad que se pueda aplicar legalmente entre 4-8 veces un campo con este mismo tipo de insecticidas. Debido a que el uso de Admire en melones y vegetales es una parte clave del manejo integrado de plagas en algodón y a la importancia de la viabilidad de este producto y similares hay grandes incentivos para que se den acuerdos entre los diferentes grupos de productores, los que limitarían el uso de esta clase de compuestos. En la actualidad, nosotros estamos proponiendo que estos productos no se utilicen en algodón cuando este forma parte de comunidades de cultivos múltiples, y que no se utilice en más de dos ocasiones (no consecutivas) en comunidades de cultivo intensivo de algodón y aún así que solamente se utilicen como compuestos de Fase II luego del uso de los reguladores de crecimiento (Palumbo & Ellsworth, 2002). Algunos grupos de consejeros de control de plagas y algunos de las compañías agroquímicas afectadas han mostrado su apoyo a dichas recomendaciones.

Sostenibilidad?

En la década pasada se han realizado constantes llamados para el incremento en la sostenibilidad de nuestros sistemas de producción. La definición de la sostenibilidad es definitivamente sujeta a interpretación; sin embargo, la parte clave de la sostenibilidad implica alta longevidad. Por cuanto tiempo ha sido efectivo nuestro programa en Arizona? Cuanto tiempo más será efectivo? Como respuesta a la primera pregunta podemos decir que nuestras encuestas e investigación indican que el programa de manejo integrado de mosca blanca en Arizona ha sido utilizado por lo menos por 6 años, desde 1996 cuando fue introducido. Para responder a la segunda pregunta

sólo podemos especular. El año pasado (2001) la presencia localizada de algodón contaminado con azúcares fue detectada en unas áreas de Arizona y California. Se supone que algunos de estos eventos fueron provocados por los bajos precios que promovieron bajos incentivos para la producción cuidadosa del algodón. Sin embargo, no hay duda que la complacencia es también un factor. Los agricultores han comenzado a considerar a la mosca blanca como una plaga menor, a pasar de las experiencias del pasado, y una que es manejada fácilmente. Los aspectos ecológicos del 2001 llevaron a una infestación temprana del algodón, la cual los agricultores no reconocieron, o que al reconocer fallaron en responder adecuadamente.

Los elementos de la piramide del manejo integrado de plagas en Arizona todavía funcionan y están disponibles para todos los agricultores. Nuevos productos químicos (como los neonicotinoides) u otros que se produzcan, pueden ser incorporados facilmente en la estructura conceptual de este plan – el secreto del exito de cualquier programa de manejo de integrado de plagas es su adaptabilidad. El desarrollo e implementación de este programa de manejo integrado de plagas ha permitido el ahorro de millones de dólares. Esto ha ayudado a lograr estabilidad en el sector agrícola del suroeste desértico de los Estados Unidos, y los mercados han sido restaurados, por lo menos parcialmente. También, se ha desarrollado un ambiente que abre las posibilidades para que otras plagas sean manejadas a través del uso de tácticas ecológicamente intensivas. La complacencia sigue siendo enemiga de la sostenibilidad del manejo integrado de plagas, tanto en los usuarios como en la comunidad científica. La innovación continua es necesaria si deseamos evitar un futuro adverso que puede contar con la presencia de enfermedades transmitidas por la mosca blanca. Aún cuando el promedio de aplicaciones al nivel del estado es de una por acre, es necesario el continuar la investigación de los aspectos ecológicos que permitirán el desarrollo de un mejor sistema basado en la *Prevención*, lo que en un futuro evitará la dependencia en medidas curativas para el control de la mosca blanca.

Conclusión

En resumen, los aspectos más relevantes del programa de manejo de plagas en Arizona incluyen elementos como el “*Muestreo*”, y “*El uso efectivo de los químicos*” ; y estos tiene como base la

“Prevención”. Los aspectos principales que nos han llevado a 6 años de manejo exitoso de la mosca blanca son, el desarrollo de técnicas de muestreo y niveles críticos basados en investigación, el acceso a reguladores de crecimiento (IGRs) altamente selectivos utilizados adecuadamente, combinados con su larga acción dada por la bioresidualidad, la cual permite maximizar la muerte de la mosca blanca por causas naturales. Adicionalmente, la totalidad del programa fue activada por un esfuerzo educativo agresivo y completo que permitió la transferencia de estas herramientas tanto a agricultores como a consejeros en control de plagas, la cual además promovió una cultura de responsabilidad compartida para el control de la resistencia. En conjunto, el efecto de equipar a los usuarios con herramientas basadas en investigación y el conocimiento de su uso adecuado ha llevado a lograr un impacto regional, el cual en algunos casos ha permitido que campos en donde nunca se hizo aplicación alguna hayan escapado del daño de la mosca blanca. Dicho impacto regional también depende de la utilización de programas de manejo igualmente sofisticados, los que se deben utilizar en todos los cultivos sensibles al daño de esta plaga en forma simultánea (Ej., melones de primavera y otoño, vegetales de invierno, y algodón). Es así, que el impacto regional puede ser tanto activo, como fue el caso de los grupos de agricultores que promovieron programas a través del estado, o pasivo, como resultado de la respuesta en conjunto de la industria al uso adecuado de la tecnología para resolver un problema. De esta manera, cada agricultor monitorea y toma decisiones de control y manejo de la mosca blanca de forma individual basado en el plan propuesto de manejo integrado de plagas, cuyo resultado es la reducción de la densidad de esta plaga a través de la región, lo cual a su vez resulta en mayores beneficios para todos.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer la significativa colaboración de J. Diehl la cual permitió el desarrollo de muchos de los sobresalientes logros presentados en este artículo. Además deseamos agradecer el apoyo significativo de los siguientes programas de investigación y extensión: Cotton Incorporated, Arizona Cotton Growers Association, USDA-ARS, USDA-CSREES, USDA-WRIPM, USDA-Pest Management Alternatives, University of Arizona, y algunas compañías de agroquímicos. También deseamos agradecer al Dr. Luis Cañas (Univ. Arizona) por la traducción

al español de este artículo y a J.S. Jones (Univ. Arizona) por la inclusión de este y todos nuestros documentos de Extensión en el Sitio de Información de Cultivos de Arizona (ACIS por sus siglas en inglés) (<http://ag.arizona.edu/crops>).

References

- Antilla, L., El-Lissy, O., Staten, R. T., Walters, M. L., Leggett, J. E., 1995. Silverleaf whitefly, *Bemisia argentifolii*, control on cotton in Paloma, AZ: a second year. In: Richter, D. A., Armour, J. [Eds.], Proceedings Beltwide Cotton Conferences. National Cotton Council, Memphis, TN, pp. 844-845.
- Costa, H. S., Brown, J. K., 1991. Variation in biological characteristics and in esterase patterns among populations of *Bemisia tabaci* Genn. and the association of one population with silverleaf symptom development. Entomol. Exp. Appl. 61, 211-219.
- Dennehy, T.J., Ellsworth, P.C., Nichols, R.L., 1996a. The 1996 Whitefly Resistance Management Program for Arizona Cotton. IPM Publication Series No. 8. The University of Arizona, Cooperative Extension. Publication #196008. Tucson, AZ. 16 pp.
- Dennehy, T. J., Williams, L., 1997. Management of resistance in *Bemisia* in Arizona cotton. Pestic. Sci. 51, 398-406.
- Dennehy, T., Zaborac, M., DeGain, B., Holley, D., 2002. Six years of successful management of whitefly resistance in Arizona cotton. Arizona Agric. Exp. Stn. P-130, 227-237. URL: <http://ag.arizona.edu/pubs/crops/az1283/az12838b.pdf>
- Diehl, J.W., Ellsworth, P. C., Meade, D.L., 1996 (rev. 7/97). Whiteflies in Arizona No. 8: Cotton Sampling Card. The University of Arizona Cooperative Extension. 2 pp. URL: <http://ag.arizona.edu/crops/cotton/insects/wf/wfly8.pdf>
- Diehl, J.W., Ellsworth, P. C., Naranjo, S. E., 1997. Whiteflies in Arizona No. 11: Binomial Sampling of Nymphs. The University of Arizona, Cooperative Extension. 2 pp. URL: <http://ag.arizona.edu/crops/cotton/insects/wf/wfly11.pdf>
- Ellsworth, P., Diehl, J., Dennehy, T., Naranjo, S., 1995. Sampling Sweetpotato Whiteflies in Cotton. IPM Series No. 2. The University of Arizona, Cooperative Extension. Publication #194023. Tucson, AZ. 2 pp. (rev. 5/95). URL: <http://ag.arizona.edu/crops/cotton/insects/wf/wfsampl.html>
- Ellsworth, P.C., Watson, T. F., 1996. Whiteflies in Arizona (No. 7): Pocket Guide '96. The University of Arizona, Cooperative Extension. Publication #196005. Tucson, AZ. 2 pp. URL: <http://ag.arizona.edu/crops/cotton/insects/wf/wfly7.pdf>
- Ellsworth, P.C., Dennehy, T. J., Nichols, R.L., 1996a. Whitefly Management in Arizona Cotton 1996. IPM Series No. 3. The University of Arizona, Cooperative Extension. Publication #196004. Tucson, AZ. 2 pp. URL: <http://ag.arizona.edu/crops/cotton/insects/wf/cibroch.html>
- Ellsworth, P. C., Diehl, J. W., Husman, S. H., 1996b. Establishment of integrated pest management infrastructure: a community-based action program for *Bemisia* management. In: Gerling, D., Mayer, R. T. [Eds.], *Bemisia* : 1995 Taxonomy, Biology, Damage, Control and Management. Intercept Ltd., Andover, Hants, UK, pp. 681-693.
- Ellsworth, P. C., Diehl, J. W., Naranjo, S. E., 1996c. Sampling Sweetpotato Whitefly Nymphs in Cotton. IPM Series No. 6. The University of Arizona, Cooperative Extension. Publication #196006. Tucson, AZ. 2 pp. URL: <http://ag.arizona.edu/crops/cotton/insects/wf/ipm6.html>

- Ellsworth, P. C., Tronstad, R., Leser, J., Goodell, P. B., Godfrey, L. D., Henneberry, T. J., Hendrix, D., Brushwood, D., Naranjo, S. E., Castle, S., Nichols, R. L., 1999. Sticky cotton resources and solutions. IPM Series No. 13. The University of Arizona Cooperative Extension. Publ. #AZ1156. Tucson, AZ. 4 pp. URL: <http://ag.arizona.edu/crops/cotton/insects/wf/stickycss.pdf>
- Ellsworth, P.C., D.H. Sieglaff, M. Yasui & J. Lublinkhof. 1999b. Monitoring Bemisia susceptibility to Applaud (buprofezin) during the 1998 cotton season. In J.C. Silvertooth [ed.], Cotton, A College of Agriculture Report. Series P-116. University of Arizona, College of Agriculture, Tucson, AZ. pp. 361–375.
- Ellsworth, P.C. & J. Jones. 2000. Arizona Cotton Insect Losses. The University of Arizona, Cooperative Extension. Web Publication #AZ1183. Tucson, AZ. URL: <http://ag.arizona.edu/crops/cotton/insects/cil/cil.html>
- Ellsworth, P.C., Jones, J.S., 2001. Cotton IPM in Arizona: a decade of research, implementation & education. In: Dugger, P., Richter, D. [Eds.], Proceedings Beltwide Cotton Conferences. National Cotton Council, Memphis, TN, pp. 1088–1096.
- Ellsworth, P.C., Martínez-Carrillo, J.L., 2001. IPM for *Bemisia tabaci*: a case study from North America. *Crop Prot.* 20: 853–869.
- Gerling, D., Mayer, R.T. (Eds.), 1996. *Bemisia 1995: Taxonomy, Biology, Damage, Control and Management*. Intercept, UK, 702 pp.
- Gonzales, R.A., Godman, G.E., Natwick, E.T., Rosenberg, H., Groeshop, J.I., Sutter, S.R., Funakoshi, T., Davilagarcia, S., 1992. Whitefly invasion in Imperial Valley costs growers, workers millions in losses. *California Agriculture* 46, 7–8.
- Ishaaya, I., Horowitz, A. R., 1992. Novel phenoxy juvenile hormone analog (pyriproxyfen) suppresses embryogenesis and adult emergence of sweetpotato whitefly (Homoptera, Aleyrodidae). *J. Econ. Entomol.* 85, 2113-2117.
- Ishaaya, I., Mendelson, Z., Melamed-Madjar, V., 1988. Effect of buprofezin on embryogenesis and progeny formation of sweetpotato whitefly (Homoptera: Aleyrodidae). *J. Econ. Entomol.* 81, 781-784.
- Naranjo, S. E., Flint, H. M., 1994. Spatial distribution of preimaginal *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in cotton and development of fixed-precision sequential sampling plans. *Environ. Entomol.* 23, 254-266.
- Naranjo, S. E., Flint, H. M., 1995. Spatial distribution of adult *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in cotton and development and validation of fixed-precision sampling plans for estimating population density. *Environ. Entomol.* 24, 261-270.
- Naranjo, S. E., Chu, C. C., Henneberry, T. J., 1996a. Economic injury levels for *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in cotton: impact of crop price, control costs, and efficacy of control. *Crop Prot.* 15, 779-788.
- Naranjo, S. E., Flint, H. M., Henneberry, T. J., 1996b. Binomial sampling plans for estimating and classifying population density of adult *Bemisia tabaci* on cotton. *Entomol. Exp. Appl.* 80, 343-353.

- Naranjo, S. E., Diehl, J. W., Ellsworth, P. C., 1997. Sampling whiteflies in cotton: validation and analysis of enumerative and binomial plans. *Environ. Entomol.* 26, 777-788.
- Naranjo, S. E., Ellsworth, P. C., Chu, C. C., Henneberry, T. J., Riley, D. G., Watson, T. F., Nichols, R. L., 1998a. Action thresholds for the management of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in cotton. *J. Econ. Entomol.* 91, 1415-1426.
- Naranjo, S. E., Ellsworth, P. C., Diehl, J. W., 1998b. Whitefly management in Arizona: Contribution of natural enemies to whitefly mortality. *Arizona Agric. Exp. Stn. P-112*, 324-329. URL: <http://ag.arizona.edu/pubs/crops/az1006/az10067i.html>
- Naranjo, S. E., Ellsworth, P. C., 1999. Mortality factors affecting whitefly populations in Arizona cotton management systems: life table analysis. *Arizona Agric. Exp. Stn. P-116*, 402-411. URL: <http://ag.arizona.edu/pubs/crops/az1123/az11237j.pdf>
- Naranjo, S. E., 2001. Conservation and evaluation of natural enemies in IPM systems for *Bemisia tabaci*. *Crop Prot.* 20, 835–852.
- Naranjo, S.E., Ellsworth, P.C., (Eds.), 2001. Special Issue: Challenges and Opportunities for Pest Management of *Bemisia tabaci* in the New Century. Elsevier. *Crop Prot.* 20: 872 pp.
- Oliveira, M.R.V., Henneberry, T. J., Anderson, P., 2001. History, current status, and collaborative research projects for *Bemisia tabaci*. *Crop Prot.* 20, 709–723.
- Palumbo, J. C., Tonhasca, A., Jr., Byrne, D. N., 1994. Sampling plans and action thresholds for whiteflies on spring melons. IPM Series No. 1. The University of Arizona, Cooperative Extension. Publication # 194021. Tucson, AZ. 2 pp. URL: <http://ag.arizona.edu/crops/vegetables/insects/wf/wfmelons.html>
- Palumbo, J.C., Ellsworth, P.C., Dennehy, T.J., Umeda, K., 1999. Cross commodity management of whiteflies and chemical efficacy in Arizona. In D. N. Byrne [ed.], 1999 Vegetable Report. Series P-117, AZ 1143 , University of Arizona, College of Agriculture, Tucson, AZ. pp. 108-120. URL: http://ag.arizona.edu/pubs/crops/az1143/az1143_24.pdf
- Palumbo, J.C., Kerns, D.L., Umeda K., 2000 Whitefly Management on Desert Melons. IPM Series No. 14. The University of Arizona, Cooperative Extension. Publication #AZ1190. Tucson, AZ. 7 pp. URL: <http://ag.arizona.edu/pubs/insects/az1190.pdf>
- Palumbo, J. C., Horowitz, A. R., Prabhaker, N., 2001. Insecticidal control and resistance management for *Bemisia tabaci*. *Crop Prot.* 20, 739–765.
- Palumbo, J.C., Ellsworth, P.C., 2002. Concerns for Whitefly Management in Multi-crop Communities: Draft Guidelines for Cross-Commodity Management of Whiteflies in Arizona . unpubl. Web document located at <http://ag.arizona.edu/crops/cropxcrop/ccrecommend02.html>
- Perring, T. M., 2001. The *Bemisia tabaci* species complex. *Crop Prot.* 20, 725–737.
- Russell, L. M., 1975. Collection records of *Bemisia tabaci* (Gennadius) in the United States. *USDA, Coop. Econ. Insect Rep.* 25, 229-230.
- Watson, T. F., Silvertooth, J. C., Tellez, A., Lastra, L., 1992. Seasonal dynamics of sweetpotato whitefly in Arizona. *Southwest. Entomol.* 17, 149-167.

Tabla 1. Promedio Estatal del control de mosca blanca en Arizona, perdidas, e información económica durante los cinco años que presidieron la introducción de la mosca blanca y su costo de control. Perdida e información económica durante los cinco años que siguieron a la introducción del programa de manejo integrado de plagas en Arizona. Basado en los promedios de estos grupos de cinco años, el número de aplicaciones ha disminuido un 71% lo que se resume en un impacto económico (perdida de producción + costo de control) de más de \$100 millones en ahorros para los productores de algodón en Arizona.

Pre Introduction of Arizona IPM Plan						
Year	No. of Applications	Control Costs (\$US / A)	Yield Loss (%)	Total Yield Loss (\$US millions)	Total Control Costs (\$US millions)	Total Economic Loss (\$US millions)
1991	1.80	\$25.20	0.31	\$1.1	\$11.6	\$12.7
1992	5.10	\$91.80	8.54	\$20.1	\$39.0	\$59.1
1993	2.60	\$52.00	3.26	\$8.4	\$19.3	\$27.8
1994	4.40	\$88.00	1.76	\$4.7	\$27.5	\$32.1
1995	6.60	\$145.20	1.31	\$4.2	\$59.8	\$64.0
5-yr Ave	4.10	\$80.44	3.04	\$7.7	\$31.5	\$39.2
Post Introduction of Arizona IPM Plan						
1996	2.00	\$57.86	2.11	\$7.2	\$18.2	\$25.4
1997	1.81	\$52.72	1.03	\$3.2	\$17.1	\$20.3
1998	1.05	\$35.70	0.28	\$0.6	\$8.9	\$9.4
1999	0.40	\$10.91	0.17	\$0.3	\$2.9	\$3.2
2000	0.66	\$19.29	0.52	\$1.6	\$5.4	\$6.9
5-yr Ave	1.18	\$35.30	0.82	\$2.6	\$10.5	\$13.1
Change	-71%	-56%	-73%	-66%	-67%	-67%

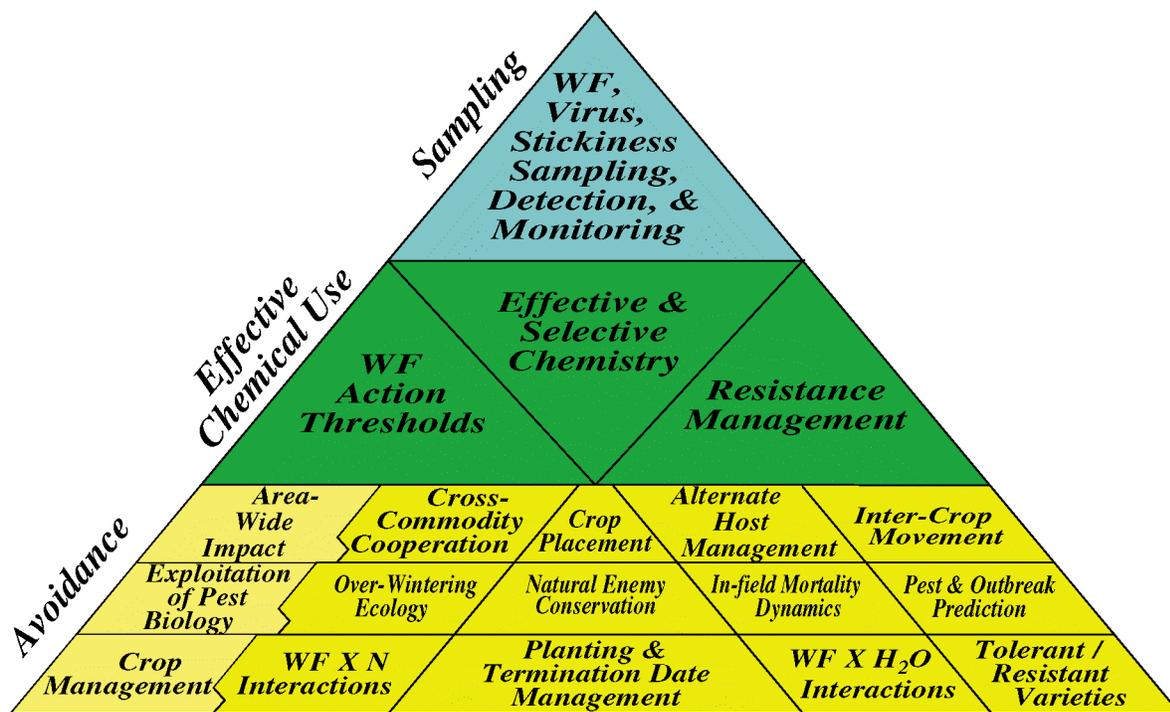
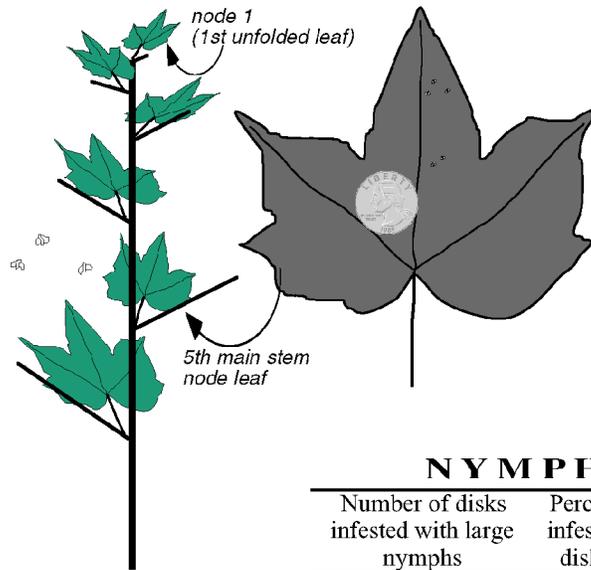


Figura 1: Diagrama Conceptual del programa de manejo integrado de mosca blanca detallando tres componentes claves para el manejo de esta plaga (izquierda): *Muestreo*, *Uso Efectivo de Químicos*, y *Prevención*. La *Prevención* puede subdividirse en trea áreas interrelacionadas: *Impacto Regional*, *Explotación de la Biología y Ecología de la Plaga*, y *Manejo del Cultivo* (tomado de Ellsworth & Martínez-Carrillo, 2001).

ADULTS		
Number of leaves infested with 3 or more adults	Percent infested leaves	Average per leaf
1	3.4	0.3
2	6.7	0.6
3	10	0.8
4	13	1.0
5	17	1.3
6	20	1.5
7	23	1.8
8	27	2.1
9	30	2.3
10	33	2.6
11	37	2.9
12	40	3.2
13	43	3.6
14	47	3.9
15	50	4.3
16	53	4.7
17	57	5.1
18	60	5.5
19	63	6.0
20	67	6.5
21	70	7.1
22	73	7.7
23	77	8.4
24	80	9.2
25	83	10.2
26	87	11.3
27	90	12.8
28	93	14.9
29	97	18.4
30	100	34.9



NYMPHS		
Number of disks infested with large nymphs	Percent infested disks	Average per disk
8	26	0.5
12	40	1.0
16	52	1.5

IGR Threshold {

IGR Threshold Decision Matrix		<i>Whitefly Adult Levels</i>	
		fewer than 3 per leaf	at least 3-5 per leaf
<i>Whitefly Large Nymph Levels</i>	fewer than 1 per disk	Wait and re-sample in 3-7 days	Wait; Re-sample in 3 days; or Use a Stage II adulticide; or apply Knack
	at least 1 per disk	Wait; Re-sample in 3 days; or apply Applaud	Spray with either IGR

Figura 2: Unidades de muestreo, posiciones y tablas de conversión binomial para adultos y ninfas grandes (3er y 4o instar) de *B. tabaci* en algodón, así como la matriz de umbrales de decisión para el uso de reguladores de crecimiento (IGRs, por sus siglas en inglés) en algodón basados en una muestra de 30 hojas. Estos planes de muestreo fueron enseñados a cientos de productores en el suroeste de los Estados Unidos y el noroeste de Méjico (tomado de Ellsworth & Martínez-Carrillo, 2001) (Adaptado de Ellsworth et al., 1995, 1996c; Diehl et al., 1996; Naranjo et al., 1996b).