



El control de plagas agrícolas: pasado, presente y futuro

Carolina Ureta, Adriana Elisa Espinosa y Elizabeth Ureta



Las plagas pueden ser desde bacterias hasta mamíferos, por lo que tienen una biología muy distinta. Sin embargo, la mayoría de las plagas presentan características ecológicas similares, como vivir en un hábitat impredecible en el tiempo, vida corta, madurez temprana, asignación energética importante hacia la reproducción y descendientes pequeños, por ejemplo insectos y roedores.

Este artículo se enfoca en las plagas que amenazan la producción y el almacenamiento de alimentos. Se describen los mecanismos más importantes que se han utilizado a lo largo de la historia para el control de plagas, los que se usan hoy y los tipos de investigaciones que deben hacerse para lograr un mejor manejo a futuro.

Existe evidencia de que el manejo de las plagas se practica desde hace miles de años. La necesidad de almacenar importantes cantidades de alimento para tener acceso a éste en épocas de escasez llevó a los egipcios, hace 2 500 años, a encontrar diferentes técnicas para evitar plagas de almacenamiento. Una forma de mantener alejados a organismos potencialmente dañinos fue manipular el comportamiento biológico de las plagas. Por ejemplo, se utilizaba grasa y pelo de gatos machos para alejar a los roedores, y también se les ahuyentaba colocando estiércol de gacela en las paredes de los graneros. Para evitar a los insectos, cubrían a personas con plumaje de aves insectívoras.

Hace 4 500 años los sumerios empleaban azufre contra insectos y ácaros; 1 300 años después, los chinos usaban insecticidas provenientes de plantas y hace 2 500 años ajustaban los periodos de siembra para desfasar los cultivos del ciclo de vida de las plagas potenciales.

Con la revolución agrícola de los siglos XVII y XVIII, el problema de las plagas se agudizó y era necesario crear técnicas cada vez más eficientes contra ellas. Como forma de control se utilizaron compuestos como jabón, aceite mineral y arsénico. El siglo XIX marcó el inicio del uso comercial de los plaguicidas químicos, con una sustancia conocida como Paris Green (acetato-arsenito de cobre). Sin embargo, no fue sino hasta la década de 1940 que el uso de los plaguicidas químicos se expandió de manera importante para erradicar plagas.

Como se narra en un artículo publicado en 1988 por Waage y colaboradores en la revista *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, en 1919 Smith introdujo el concepto de control biológico para describir la introducción de un enemigo natural que suprimiera las poblaciones de un organismo plaga. Este mecanismo existía mucho tiempo antes de que alguien lo definiera, pero fue necesario un mejor entendimiento de los ciclos de vida de los organismos involucrados para poderlo aplicar con mayor eficiencia. Un ejemplo clásico que marca el reconocimiento de este tipo de control como una disciplina, es la introducción de un escarabajo australiano en California para controlar una cochinilla que era plaga del algodón; fue un éxito y

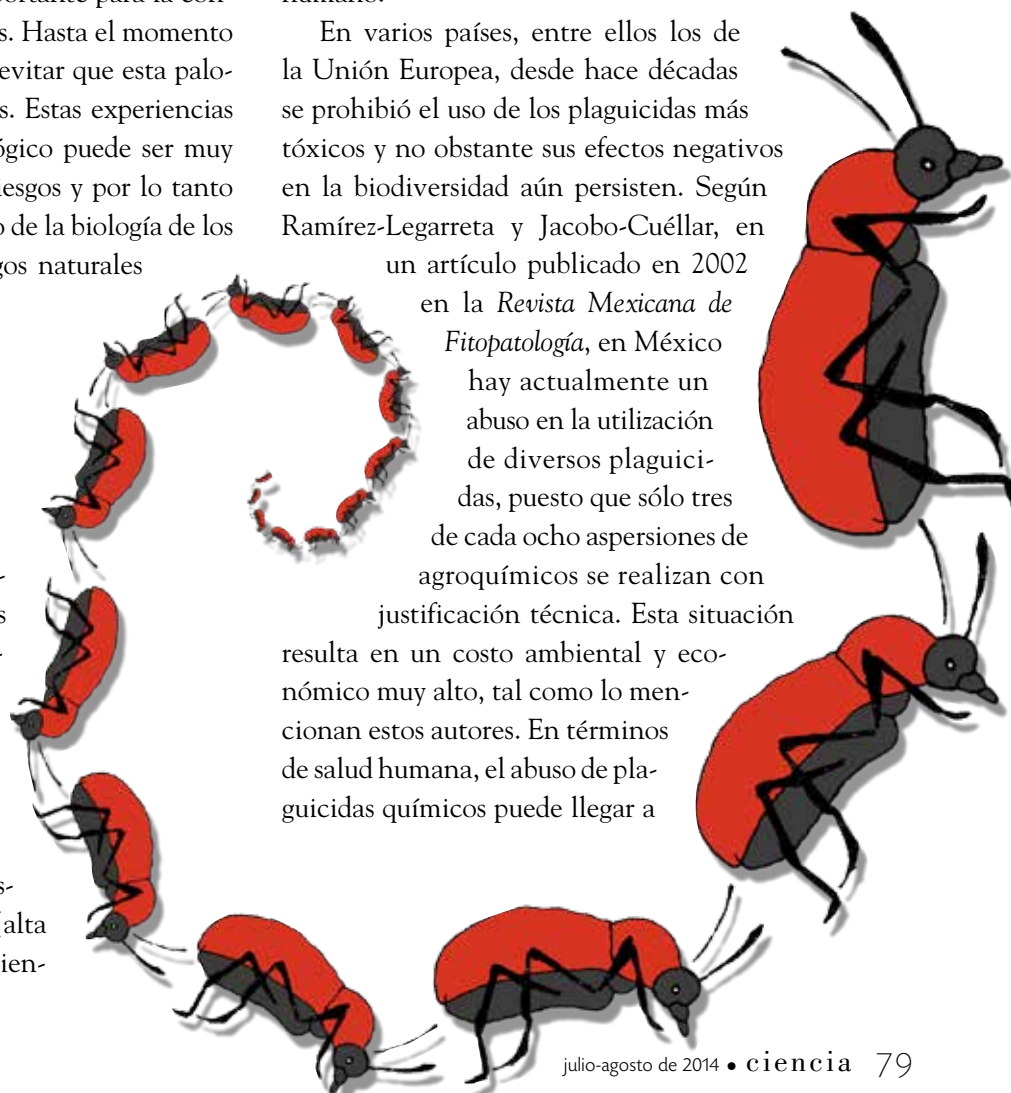
aumentó el interés por este tipo de manejo en todo el mundo. No obstante, los productores no tardaron mucho en darse cuenta de los riesgos, como ocurrió en Australia con la introducción de los nopales (*Opuntia*) en millones de hectáreas: se perdió el control de las poblaciones de esta planta hasta que se volvió plaga. Se inició entonces una búsqueda de enemigos naturales del nopal y finalmente, en 1926, en Argentina, los investigadores encontraron una palomilla (*Cactoblastis cactorum*) con la que se logró controlar eficazmente la plaga de *opuntias* en Australia y posteriormente en Sudáfrica, Hawái, Pakistán, Kenia y varios lugares del Caribe. La palomilla se volvió un emblema del control biológico. Pero cuando el insecto llegó a Cuba, los biólogos se preocuparon de que pudiera llegar también al sur de Estados Unidos y a México, por ser regiones consideradas como centros de diversidad y endemismo de nopales. En 2006 se detectó la palomilla en Quintana Roo, lo que alarmó a la comunidad científica mexicana porque implicaba un riesgo importante para la conservación de los nopales mexicanos. Hasta el momento hay un monitoreo constante para evitar que esta palomilla se salga de control en el país. Estas experiencias nos muestran que el control biológico puede ser muy exitoso, pero que también tiene riesgos y por lo tanto se necesita un mayor conocimiento de la biología de los organismos plaga y de sus enemigos naturales para evitar desastres ecológicos.

El control de plagas a partir de mediados del siglo xx y hasta nuestros días

Uno de los pesticidas más importantes en el control de plagas en el siglo xx fue el DDT (dicloro-difenil-tricloretoano). Su amplio espectro de acción y actividad residual hicieron que este compuesto y otros similares se consideraran la solución a las plagas. Con el tiempo, las características que los hicieron eficientes (alta toxicidad y persistencia en el ambien-

te) en 1940 fueron las mismas que llevaron a restringir su uso para 1970. Varios de estos plaguicidas químicos mostraron toxicidad para organismos “no blanco”; esto es, organismos que no se suponía que atacaran, incluido el humano. Este tipo de compuestos tiende a concentrarse en el tejido graso de los animales, facilitando así la bioamplificación; es decir, que conforme el compuesto va pasando a través de la cadena trófica, aumenta su toxicidad. Después de que se usaran estos plaguicidas se introdujeron otras sustancias complejas conocidas como organofosfatos y carbamatos. Los organofosfatos, al igual que el DDT, son venenosos para el sistema nervioso y, aunque llegan a ser más tóxicos, persisten menos tiempo en el ambiente. Los carbamatos actúan de manera similar, aunque son menos tóxicos para los mamíferos que entran en contacto con este pesticida. A pesar del avance tecnológico del control de plagas, todos estos compuestos siguen siendo tóxicos para el ambiente, la biota y la salud del ser humano.

En varios países, entre ellos los de la Unión Europea, desde hace décadas se prohibió el uso de los plaguicidas más tóxicos y no obstante sus efectos negativos en la biodiversidad aún persisten. Según Ramírez-Legarreta y Jacobo-Cuéllar, en un artículo publicado en 2002 en la *Revista Mexicana de Fitopatología*, en México hay actualmente un abuso en la utilización de diversos plaguicidas, puesto que sólo tres de cada ocho aspersiones de agroquímicos se realizan con justificación técnica. Esta situación resulta en un costo ambiental y económico muy alto, tal como lo mencionan estos autores. En términos de salud humana, el abuso de plaguicidas químicos puede llegar a



matar a los agricultores por intoxicación aguda y aumentar las probabilidades de que se presenten enfermedades como cáncer de cerebro, huesos y estómago. También propicia el desarrollo de enfermedades como el mal de Parkinson, de acuerdo con Bolognesi y colaboradores en la entrada “Pesticides: Human Health Effects” de la *Encyclopedia of Environmental Health* (2011). En 2004 la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) dio a conocer que los plaguicidas ocasionan cada año entre uno y cinco millones de casos de intoxicación en países en desarrollo, lo que da como resultado miles de muertes.

Además del problema de la toxicidad, si no se tiene un buen manejo, los plaguicidas pueden presentar dos tipos de fallas importantes: la primera radica en que no sólo atacan a las plagas, sino a los enemigos naturales de éstas; si algunos individuos de la plaga logran sobrevivir, quedarán sin un agente que controle sus poblaciones y la densidad de las mismas puede aumentar de manera importante. Asimismo, diezmar a tales enemigos naturales ocasiona que se pierda el control sobre otros organismos que son plagas potenciales y se generen así plagas secundarias.

La segunda falla es que las plagas pueden generar resistencia a los plaguicidas químicos. Como el pes-

ticida es una presión de selección constante, habrá individuos dentro de la población que por casualidad logren ser resistentes desde un principio a cierto pesticida o que por mutación se vuelvan resistentes. Estos individuos serán exitosos, se reproducirán y su número aumentará dentro de la población. A través de generaciones resistentes, esta característica se puede ver favorecida e intensificada. En ocasiones la evolución de la resistencia se convierte en una “resistencia cruzada”: al ser un organismo resistente a un pesticida, será también resistente a todo pesticida que actúe de la misma manera. Para evitar este problema debe disminuirse la frecuencia de uso de un mismo pesticida o utilizar suficiente para matar a todos los individuos plaga de esa población en un momento determinado.

No obstante la problemática que pueden presentar los plaguicidas químicos, las ventajas prácticas y económicas de su uso son muy significativas pues han ayudado a incrementar la producción de alimentos y otros bienes en el mundo. Además, ha habido avances en su diseño orientados a que sean cada vez menos dañinos para el ambiente y los organismos no blanco. Actualmente hay plagas que se controlan con compuestos que son más específicos en su modo de acción, llamados semioquímicos. Estos compuestos imitan señales quí-



micas que provocan un cambio en la conducta de los insectos. Un ejemplo son los semioquímicos contra áfidos (pulgones) que imitan una feromona que estos insectos secretan cuando son atacados (feromona de alarma) y ocasiona que se dispersen. Otro ejemplo es el semioquímico que imita una feromona secretada por escarabajos cuando su población es muy densa, la cual también provoca la dispersión de los individuos. Estos ejemplos nos muestran que para elaborar plaguicidas más específicos y menos dañinos para los organismos que no son plaga se requiere de un conocimiento mucho más amplio de los organismos a atacar.

Otra forma de control de plagas que continúa hasta nuestros días es el control mecánico. Consiste en remover y destruir insectos y órganos que infestan las plantas, así como evitar el paso de insectos y otros animales mediante barreras físicas. Este método es más rentable en áreas pequeñas debido a que se requiere mucha mano de obra. En Perú la práctica de recolectar las poblaciones remanentes del arrebato del algodón es muy eficiente. Los insectos recolectados se eliminan al sumergirlos en recipientes de queroseno y agua. En un intento de industrializar el control mecánico, en Estados Unidos se construyó una máquina llamada “Entoleter” que destruye a los insectos por

impacto. Los granos son lanzados por fuerza centrífuga contra las paredes de un cilindro, lo que ocasiona la muerte de los insectos; posteriormente se separan los restos de granos e insectos.

El uso de barreras físicas como control mecánico también ha mostrado ser una opción eficiente. Estas barreras se han definido como una alteración en el ambiente físico que lo vuelve inhóspito para insectos plaga, como el “embolsado de frutos” que consiste en cubrir los frutos con papel o plástico. Para atacar insectos que no pueden volar se pueden utilizar sustancias adhesivas en los troncos o en los tallos. Así se evita que los insectos trepen. También se pueden hacer barreras de plástico o zanjas en las que se ponen insecticidas.

Otra forma de control físico consiste en alterar factores ambientales como la luz o el viento. En un experimento realizado en Colorado los científicos se dieron cuenta de que en los campos existe una relación indirecta entre la velocidad del viento y el número de escarabajos que logran volar, por lo que se podría reducir el problema de esta plaga seleccionando campos con mayor exposición al viento. La radiación es una forma de esterilizar productos y por lo tanto una alternativa para eliminar organismos plaga; algunas especies de nueces y frutas secas soportan radiaciones que organismos



plaga no. El problema con este método es que es costoso y llega a ser complicado. Variar la temperatura también puede ser una buena forma de control de plagas, sobre todo en el almacenamiento. La mayoría de los insectos mueren a temperaturas de entre 50 y 60 °C en un periodo de 24 a 36 horas. Se debe tener precaución puesto que un sobrecalentamiento puede afectar el producto, pero si no hay calentamiento es posible que no se logre evitar los daños por plagas. Para temperaturas bajas, el tiempo de exposición debe ser mayor. Claro está que este control sólo puede utilizarse cuando el propio producto agrícola no resulte dañado a esas temperaturas.

Ciertas prácticas culturales también siguen ayudando a controlar las plagas de alimentos, entre ellas eliminar los residuos de cosechas anteriores mediante la quema de órganos infestados y la destrucción de pupas en el suelo por arado. Otra acción que permite el control de plagas es el “periodo de campo limpio”, que consiste en mantener un área agrícola y sus alrededores libres de cultivos y plantas hospederas. La rotación de cultivos también puede ser una medida importante;

se basa en alternar cultivos diferentes que no tengan las mismas plagas, claro que en este caso deben tomarse en cuenta los aspectos agronómicos y económicos. Otra alternativa importante es la siembra de diferentes variedades, aprovechando las características biológicas de la planta que son eficientes como plaguicidas. Por ejemplo, hay plantas que secretan sustancias tóxicas contra insectos; es el caso de algunas leguminosas productoras de ácido jasmónico; este ácido estimula la producción de los inhibidores de la α -amilasa, cuya acción está estrechamente relacionada con la digestión del insecto. Otra proteína antidigestiva producida por plantas como las legumbres y los jitomates es la inhibidora de la proteínasa. El efecto de la ingesta de esta proteína es una reducción en la tasa de crecimiento y desarrollo de los insectos por falta de aminoácidos.

Una alternativa para seleccionar artificialmente una variedad de productos agrícolas que sean resistentes a plagas son los cultivos transgénicos. En su libro *Genética moderna*, Griffiths y colaboradores (1999) definen un transgénico como un organismo modificado



por técnicas de ingeniería genética, al que se le ha insertado un nuevo gen en el genoma mediante la transformación de la línea celular. Uno de los genes que más se han utilizado con esta técnica es el de una proteína tóxica proveniente de la bacteria *Bacillus thuringiensis*. El insecticida producido en la planta por la inserción de un gen bacteriano es tóxico para larvas de lepidópteros, coleópteros y dípteros; actúa mediante la alteración del transporte de iones a través de la membrana celular. El control de plagas con esta técnica ha sido muy eficiente en algunos cultivos. En el caso particular del jitomate transgénico ha tenido un control excelente y también se ha probado su efectividad en otras plantas agrícolas como el café. Sin embargo, a pesar de que el potencial del control de plagas a través de transgénicos puede traer beneficios, todavía nos encontramos en una fase de altos riesgos. Una de las desventajas importantes de los transgénicos como forma de manejo de plagas es que el pesticida que se utilice externamente se estará aplicando de manera continua, independientemente de que sea o no necesario. Esto significa que la plaga está bajo presión de selección constante, lo que facilita la resistencia de sus poblaciones.

Por último, el Manejo Integral de Plagas (MIP) es un conjunto de técnicas que se basan principalmente en el conocimiento de la ecología del sistema, aunque también se apoyan en plaguicidas cuando éstos son necesarios. El MIP combina todas las formas de control antes mencionadas. Este manejo surge en los años cincuenta del siglo pasado como una alternativa a la contaminación provocada por el uso sin control de plaguicidas químicos; su objetivo no es erradicar las plagas, sino controlarlas por debajo de las densidades que puedan provocar un daño económico. Para aplicar un MIP es necesario el compromiso, invertir tiempo y esfuerzo, y contratar especialistas que den asesoramiento, porque el objetivo de este manejo es crear medidas de control que se ajusten a cierto problema de plaga en particular y por ello se trata de medidas que no se pueden generalizar. Esta situación es la principal razón por la que los agricultores no aplican tan frecuentemente un MIP como lo hacen con los plaguicidas químicos en los que

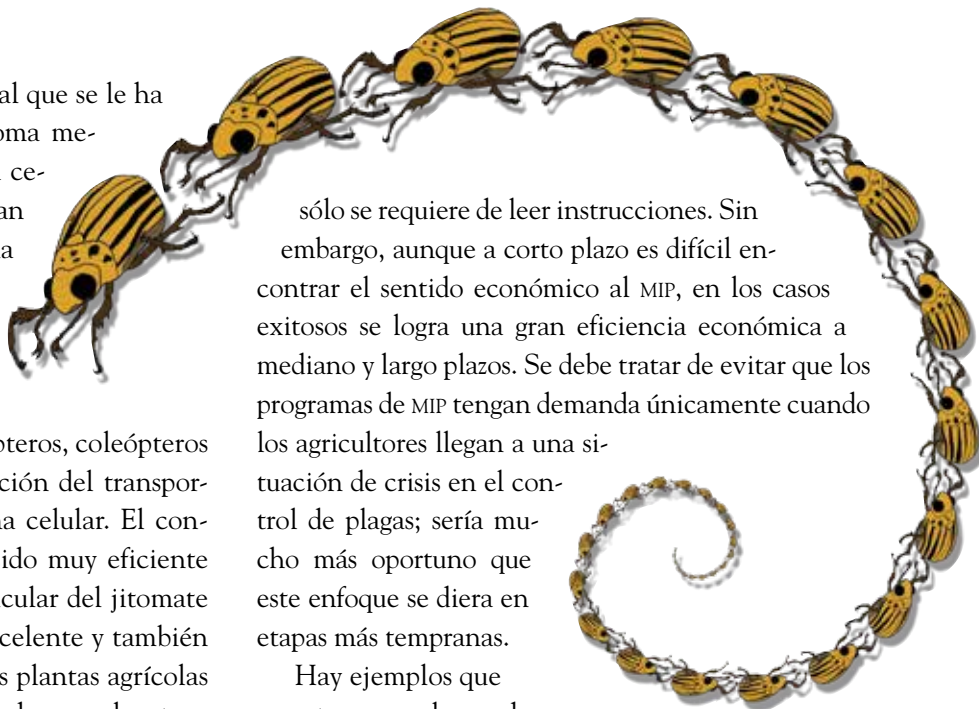
sólo se requiere de leer instrucciones. Sin embargo, aunque a corto plazo es difícil encontrar el sentido económico al MIP, en los casos exitosos se logra una gran eficiencia económica a mediano y largo plazos. Se debe tratar de evitar que los programas de MIP tengan demanda únicamente cuando los agricultores llegan a una situación de crisis en el control de plagas; sería mucho más oportuno que este enfoque se diera en etapas más tempranas.

Hay ejemplos que muestran que el uso adecuado del MIP proporciona beneficios importantes a mediano y largo plazos. Como señalan Trumble y Alvarado-Rodríguez en un artículo publicado en *Agriculture, Ecosystems & Environment* en 1993, estos beneficios son: menos probabilidades de resistencia en las plagas, reducción de la toxicidad en animales no blanco, menor contaminación del ambiente, y menor daño a la salud de los trabajadores en el campo y de los consumidores.

El futuro: plagas bajo condiciones de cambio climático

Se estima que en nuestros días un laboratorio tiene que probar entre 40 000 y 50 000 componentes para identificar un compuesto nuevo que sea viable como pesticida y que cumpla con estándares altos en términos de efectividad y preservación del ambiente. Aun cuando parezca complejo, la investigación no debe detenerse: bajo condiciones de cambio climático se espera que el problema de las plagas aumente. Es necesario apoyarnos en la biología y ecología de las plantas agrícolas y sus plagas para encontrar nuevas formas de manejo y explotar las que existen actualmente. A continuación mostraremos algunos ejemplos de estudios de este tipo, así como de la interacción de plantas y sus plagas bajo posibles condiciones de cambio climático.

Zhou y colaboradores realizaron un estudio alrededor de 30 años (1964-1991) en el que relacionaron



la fenología (relación entre fenómenos biológicos y factores climáticos) de cinco especies de áfidos con un aumento en la temperatura; publicaron sus resultados en 1995 en la revista *Global Change Biology*. El estudio muestra que la temperatura en invierno es la determinante en la fenología de estas cinco especies y que un aumento en la temperatura invernal de 1 °C adelantó la migración de los áfidos entre cuatro y 19 días (dependiendo de la especie). Si el calentamiento global sigue incrementando la temperatura invernal, posiblemente la migración se adelante cada vez más. Este ejemplo nos muestra que podría haber cambios en la migración de varias especies, por lo que sería importante hacer más estudios de este tipo.

Por otro lado, se espera que los cambios en el patrón de precipitación tengan impactos en las plagas. Un trabajo realizado por Staley y colaboradores, publicado en 2007 en el *European Journal of Soil Biology*, muestra que existe una relación entre la abundancia de lombrices de tierra (plaga de la papa) y el aumento en la precipitación. Otro estudio de Cheke y Tratalos, publicado ese mismo año en la revista *BioScience*, muestra que los cambios en la precipitación tienen un efecto en los patrones de migración de la langosta del desierto que devasta cultivos en África, Medio Oriente y Asia.

No existen muchos estudios en cuyo enfoque se manejen varios factores ambientales de manera simultánea o que involucren interacciones bióticas, pero hay algunos esfuerzos aislados. Existe un trabajo realizado por Newman que muestra cómo el comportamiento de una plaga puede variar al estudiarlo bajo el cambio de una variable ambiental o bajo el cambio de diversas variables ambientales de manera simultánea. En este estudio, publicado en 2005 en la revista *Global Change Biology*, se hizo un modelado de la densidad de población de una especie de áfidos considerada plaga de cereales. Los resultados del modelado mostraron que un aumento de CO₂ sin aumento en la temperatura, incrementa de manera importante la densidad de población, pero la combinación de ambos factores ya no favorece a las poblaciones de áfidos. No obstante, las altas concentraciones de CO₂ y las altas temperaturas provocan que haya un mayor número de individuos que presentan alas 10% antes de lo comúnmente registrado. Una mayor cantidad de individuos con alas



logran una mejor dispersión y por lo tanto aumenta el riesgo de plagas.

Otra problemática a la que se enfrentará la producción agrícola es que las plantas resistentes a plagas pueden llegar a tener cambios fisiológicos por variaciones en el ambiente. Por ejemplo, en el caso de la soya, el CO₂ elevado puede provocar una mala regulación en los genes, inhibiendo la producción de la proteinasa cisteína. Bajo esas condiciones, la planta queda más vulnerable a dos de las plagas que impactan de manera importante sus rendimientos.

Conclusiones

A lo largo de la historia el manejo de las plagas se ha ido modificando y ha avanzado en diferentes aspectos. En la actualidad, un buen





pesticida es aquel que: *a)* es eficiente en disminuir los daños provocados por una plaga al punto de evitar daños económicos, *b)* evita rebrotes y resistencia en plagas, y *c)* es lo menos tóxico posible para el ambiente y organismos no blanco (incluido el humano). A pesar de que por diversas técnicas se ha tratado de llegar a un pesticida con estas características, todavía existen efectos secundarios importantes.

Difícilmente se encontrará el pesticida perfecto, por lo que hay que tratar de hacer uso de todas las técnicas de manejo de plagas con las que contamos. Dependien-

do del caso, deberá usarse la técnica adecuada, tomando en cuenta factores sociales, económicos y ambientales. Es necesario impulsar políticas públicas que faciliten el acceso a un Manejo Integral de Plagas. Para los grandes productores, la inversión



en asesoramiento debiera ser obligatoria. Finalmente, a mediano y largo plazos se podrán apreciar los beneficios económicos que un programa de MIP puede aportar. En el caso de los pequeños productores, deberían organizarse seminarios y campañas de capacitación para el uso adecuado de plaguicidas químicos y ofrecer consejos generales sobre otro tipo de técnicas de manejo de plagas. Los programas de monitoreo del uso de plaguicidas deben existir en todos los países y, en los que ya existen, aumentar su constancia y eficiencia.

En el futuro próximo no debemos olvidar que un mayor conocimiento de la biología de las plantas agrícolas y de sus plagas puede llevarnos a un manejo más eficiente de éstas frente a condiciones de cambio climático. Es muy importante que sigamos apostando a la biotecnología, pero no podemos dejar de lado la ecología y la fisiología de los organismos que pueden ser claves en el manejo de las plagas.

Carolina Ureta estudió la carrera de biología en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Realizó sus estudios de maestría en ciencias en el Imperial College de Londres. Obtuvo el grado de doctora en Ciencias Biológicas en 2014 en el Instituto de Biología de la UNAM. Ha publicado cuatro artículos científicos y dos están en revisión. También tiene un artículo de divulgación publicado, y tres en proceso de publicación.
carolina_ureta@hotmail.com

Adriana Elisa Espinosa estudió la carrera de Ingeniería en Computación en la FES Aragón de la UNAM. En la misma universidad hizo la maestría en Filosofía de la Ciencia en la línea de Comunicación de la Ciencia en 2009. También en 2009 obtuvo el grado de maestra en Filosofía, Ciencia y Valores en la Universidad del País Vasco en España. Actualmente es candidata a doctora en Filosofía de la Ciencia en la línea de Comunicación de la Ciencia en la UNAM. Tiene más de 25 publicaciones de divulgación de la ciencia entre los que destacan artículos, reseñas y fotografías en revistas y periódicos nacionales. Ha publicado alrededor de 30 artículos de investigación nacionales e internacionales en las áreas de dinámica no lineal, modelos de predicción de series de tiempo, redes neuronales, teoría del caos, y recientemente sobre creatividad y el surgimiento de nuevas ideas en la ciencia.
adielisa@comunidad.unam.mx

Elizabeth Ureta estudió la carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia de 2003 a 2007 en la Universidad Autónoma Metropolitana, Xochimilco. Realizó sus estudios de maestría en Ciencias de la Producción y de la Salud Animal de 2009 a 2010 en la Universidad Nacional Autónoma de México. Obtuvo el Premio Nacional de Cirugía "Dr. Francisco Montes de Oca" en 2010, otorgado por la Academia Mexicana de Cirugía, por la realización de un modelo en conejo de síndrome de bandas amnióticas. Actualmente realiza estudios de doctorado en Ciencias de la Salud y Producción Animal en la UNAM. Tanto en la maestría como en el doctorado se ha especializado en el área de Bacteriología y Biología Molecular. Como proyectos alternos, se ha concentrado en la elaboración de modelos animales.
elizabeth.uretasc@gmail.com

Lecturas recomendadas

- Begon, M., J. L. Harper y C. R. Townsend (1999), *Ecology: Individuals, Populations, and Communities*, Oxford, Blackwell Science.
- Bolognesi, C., F. D. Merlo y O. N. Jerome (2011), "Pesticides: Human Health Effects", *Encyclopedia of Environmental Health*, Burlington, Elsevier.
- Cheke, R. y J. Tratalos (2007), "Migration, Patchiness, and Population Processes Illustrated by Two Migrant Pests", *BioScience*, 52:145-154.
- González-Arias, C. A., M. L. Robledo-Marengo, I. M. Mediana-Díaz, J. B. Velázquez-Fernández, M. I. Girón Pérez, B. Quintanilla-Vega, P. Ostrosky-Wegman, N. E. Pérez-Herrera y A. E. Rojas-García (2010), "Patrón de uso y venta de plaguicidas en Nayarit, México", *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 26:221-228.
- Griffiths, A. J. F., W. M. Gelbart, J. H. Miller y R. C. Lewontin (1999), *Genética moderna*, Madrid, McGraw-Hill.
- Newman, J. A. (2005), "Climate Change and the Fate of Cereal Aphids in Southern Britain", *Global Change Biology*, 11:940-944.
- Ramírez Legarreta, M. R. y J. L. Jacobo Cuéllar (2002), "Impacto ambiental del uso de plaguicidas en huertos de manzano del noroeste de Chihuahua, México", *Revista Mexicana de Fitopatología*, 20:168-173.
- Staley, J. T., C. J. Hodgson, S. R. Mortimer, M. D. Morecroft, G. J. Masters, V. K. Brown y M. E. Taylor (2007), "Effects of Summer Rainfall Manipulations on the Abundance and Vertical Distribution of Herbivorous Soil Macro-invertebrates", *European Journal of Soil Biology*, 43:189-198.
- Stiling, P. (2002), "Potential Non-Target Effects of a Biological Control Agent, Prickly Pear Moth, *Cactoblastis cactorum* (Berg) (Lepidoptera: Pyralidae), in North America, and Possible Management Actions", *Biological Invasions*, 4:273-281.
- Trumble, J. T. y B. Alvarado-Rodríguez (1993), "Development and Economic Evaluation of an IPM Program for Fresh Market Tomato Production in Mexico", *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 43:267-284.
- Waage, J. K., D. J. Greathead, R. Brown, R. R. M. Paterson, P. T. Haskell, R. J. Cook y K. Krishnaiah (1988), "Biological Control: Challenges and Opportunities (and Discussion)", *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 318: 111-128.
- Zhou, X., R. Harrington, I. P. Woiwod, J. N. Perry, J. S. Bale y S. J. Clark (1995), "Effects of Temperature on Aphid Phenology", *Global Change Biology*, 1:303-313.



Palomilla del nopal. Tomado de: <http://en.wikipedia.org/wiki/Cactoblastis_cactorum> (superior izquierda); <www.inecc.gob.mx/descargas/con_eco/2008_sem_esp_invasoras_pres_04_jgolubov.pdf> (inferior derecha).