

Cabrera, R. (2012). 3. Control de plagas agrícolas: una historia de ida y vuelta. En Afonso-Carrillo, J. (Ed.), *Agricultura en Canarias: conciliando tradición y ciencia*. pp. 67-104. Actas VII Semana Científica Telesforo Bravo. Instituto de Estudios Hispánicos de Canarias. Puerto de la Cruz, Tenerife. ISBN: 978-84-616-0641-2.

3. Control de plagas agrícolas: una historia de ida y vuelta

Raimundo Cabrera

*Departamento de Biología Vegetal (Fitopatología),
Universidad de La Laguna*

La agricultura siempre ha estado condicionada por los factores climatológicos y por los organismos que viven a expensas de las plantas cultivadas, causando pérdidas más o menos importantes en la producción. El control de estos organismos nocivos se ha llevado a efecto mediante distintas estrategias de control. El éxito inicial del control biológico a finales del siglo XIX en California (EEUU) fue un avance importante en el campo del control de plagas, pero el descubrimiento de las propiedades insecticidas del DDT y todo el desarrollo posterior de los insecticidas químicos de síntesis, hizo que el control biológico quedara relegado. Los problemas medioambientales, de resistencia de los insectos y de salud humana, ocasionados por estos productos químicos, nos han hecho replantear nuestra visión del cultivo agrícola y de los métodos de control de plagas.

En esta visión del campo de cultivo como un agroecosistema, el control biológico juega un papel importante, junto con otros métodos respetuosos con el medio ambiente. En esta vuelta a sistemas naturales de control hacemos uso de muchos de los conocimientos adquiridos en este camino de ida y vuelta. Pero en este agroecosistema, cualquier método que usemos para el control de plagas acabará fallando si no aplicamos la más elemental y eficaz medida de control: la prevención. Es necesario un estricto servicio de inspección en fronteras para evitar la entrada de plagas (y enfermedades) que afecten a nuestros cultivos.

Introducción

La introducción de la agricultura en la historia de la humanidad, en el neolítico, hace unos 10000 – 11000 años, contribuyó a que la población nómada se fuera asentado y transformando en agricultores y ganaderos, permitiendo el establecimiento de poblaciones en lugares donde las condiciones climáticas facilitaban esa incipiente agricultura. La alimentación se basaba en una gran diversidad de vegetales, aunque a lo largo del tiempo algunas especies vegetales (trigo, cebada, millo, arroz) fueron adquiriendo cierta predominancia, hasta convertirse en parte fundamental de la dieta de estas poblaciones.

Al aumentar el tamaño de esos asentamientos la demanda de alimentos se incrementó, se hizo necesaria una mayor producción agrícola, por lo que el cultivo de algunas especies fue intensificándose progresivamente. Esta tendencia ha seguido hasta nuestros días, en los cuales el número de especies cultivadas mayoritariamente se ha reducido considerablemente, con la consiguiente pérdida de biodiversidad agrícola. A finales del siglo XX se estimó que más del 90% de las variedades cultivadas un siglo atrás ya no se producían comercialmente, y no se encontraban en los bancos de semillas o era muy difícil conseguirlas (se estima que ya se ha perdido el 90% de las variedades de lechugas y guisantes) y las más consumidas se explotan normalmente en sistema de monocultivos que ocupan grandes extensiones de terreno. Junto con todo esto surgió la cuestión de los híbridos, con los que se pretendía alcanzar una mayor productividad, pero a expensas de una mayor pérdida de las variedades locales. En 1960, el 95% del maíz cultivado en Estados Unidos procedía de variedades híbridas.

La agricultura siempre ha estado condicionada por factores abióticos y bióticos. Los agricultores seleccionaban variedades adaptadas a las condiciones locales, con lo que se aseguraban una producción más o menos suficiente (aunque con cierta frecuencia las inclemencias del tiempo daban al traste con las cosechas). Además de la dependencia de las condiciones climatológicas, desde el inicio de la agricultura un problema recurrente ha sido la incidencia de enfermedades y plagas que mermaban la producción de las cosechas. En el caso de las plagas, el organismo perjudicial parecía que estaba claro (al menos en la mayoría de los casos se podían observar los insectos y roedores comiendo las plantas o los granos almacenados), pero en el caso de las enfermedades tuvieron que pasar muchos milenios hasta que se pudo asociar las enfermedades a los organismos patógenos causantes de las mismas. Tuvimos que esperar hasta hace poco más de 200 años cuando M. Tillet en 1755, y luego Prevost en 1805, confirmaron la relación directa entre un hongo, *Tilletia caries* (DC.) Tul., y la enfermedad conocida como “caries del trigo”.

En el caso de las plagas (tanto las causadas por insectos como por otros animales), puesto que la causa parecía evidente, los agricultores trataron de defender sus cultivos frente a ellos. Una manera fue la de ir seleccionando variedades que tuvieran cierta resistencia, o que su ciclo permitiera la recolección en momentos donde la incidencia de las plagas no fuera desastrosa. Pero las condiciones climáticas hacían que estas medidas, que resultaban eficaces unos años, fueran totalmente inútiles en otros, por lo que no había garantía alguna de asegurar un continuo y suficiente suministro de productos agrícolas.

Uno de los primeros registros escritos que conocemos sobre el uso de ‘insecticidas’ para el control de plagas es la quema de ‘azufre’. Posteriormente se usaron plantas molidas que la experiencia cotidiana mostraba que ayudaban a controlar los daños causados por plagas. Cuando se desarrolló la química, se pudo saber que dichos preparados eran ricos en piretroides, rotenoides y nicotinoides (todavía hoy se siguen obteniendo en gran parte a partir de vegetales).

Después de la segunda guerra mundial se desarrolló una gran variedad de compuestos químicos de síntesis que se han venido usando como agentes de control de plagas. Sin embargo, el masivo uso que se ha hecho de ellos ha originado graves problemas ambientales y de salud humana, al mismo tiempo que los insectos han desarrollado resistencia a muchos de ellos, por lo que han perdido gran parte de su eficacia. Estos argumentos, entre otros, han llevado por ejemplo, a la Unión Europea, a prohibir el uso de gran parte de los que hasta hace pocos años se encontraban en el mercado y a regular estrictamente el uso de los que aún están autorizados.

A pesar de esa gran variedad y al masivo uso de insecticidas químicos, los insectos que atacan a los cultivos siguen causando graves daños, que pueden ir desde la pérdida total de las cosechas hasta una reducción importante de la producción. Es una tarea prioritaria buscar nuevas alternativas para controlar a las plagas y asegurar que la producción agrícola no se vea mermada por estos enemigos tan perjudiciales.

Definición de plaga agrícola

La definición de plaga agrícola ha ido evolucionando con el tiempo, de forma paralela al desarrollo de las ciencias agrarias y a la incorporación a la misma de conceptos provenientes de otros campos, especialmente de la esfera de la biología.

El concepto clásico de plaga agrícola entendía como tal a toda especie que tenía una relación alimenticia con las plantas o productos vegetales que el hombre quería producir. Esta idea llevaba inevitablemente a una diferenciación entre ‘especies buenas’ y ‘especies malas’, y particularmente

con los insectos, llevaba a considerar a unos como ‘buenos’ y a otros como ‘malos’. Se obviaba la cuestión de que una especie pudiera ser beneficiosa en un sitio y perjudicial en otro. Además, se consideraba como plaga a cualquier insecto que estaba asociado al cultivo, aunque su incidencia fuera mínima, como podría ser el caso de muchos insectos endémicos que se aprovechaban de las plantas cultivadas, independientemente del nivel de daño que causarían.

A medida que se produjo el desarrollo de las ciencias biológicas, especialmente la ecología, este concepto simplista ha ido cambiando y se ha introducido en la definición el concepto de ‘población’ y de ‘condiciones ambientales’. Así, una plaga agrícola es una ‘población’ de insectos que cuando se dan las ‘condiciones agroecológicas’ favorables para ella, alcanza una densidad tal que provoca un riesgo de pérdidas de la producción, no tolerable por el agricultor. En esta nueva concepción de lo que es una plaga agrícola, ninguna especie es mala *per se*; son las condiciones ambientales las que pueden hacer que una especie de insectos acabe convirtiéndose en una plaga. Sea cual sea la definición de plaga que consideremos, en todas ellas hay implícita una consideración de tipo económico, establecida por el agricultor.

Pero no todas las plagas son iguales. En la bibliografía especializada nos podemos encontrar con distintas formas de clasificarlas. En unos casos se hace referencia al rango taxonómico o al grupo de insectos (pulgones, plagas de termitas, etc.), en otros se clasifican de acuerdo con el cultivo que atacan (plagas del manguero, de las papas, etc.), en función de los órganos atacados (plagas de raíces, de hojas, etc.) o de los tipos de daños característicos que puedan causar (minadores de hojas, barrenadores de la madera, taladros, etc.). Son formas de organizar la información y el conocimiento que tenemos sobre este problema. El uso de una forma u otra depende normalmente del fin que queremos dar a esa información y a quien va dirigida. Otras veces se clasifican según su frecuencia de ataques o su capacidad de provocar daños. Es una forma práctica de clasificar a las plagas atendiendo al posible riesgo que suponen para los cultivos.

a) Plagas potenciales: Son aquellas poblaciones de insectos u otros fitófagos que bajo las condiciones existentes en el campo no afectan la cantidad ni la calidad de las cosechas. Las bajas densidades de las poblaciones se deben a la regulación ejercida por factores físicos y biológicos. Si cambian estas condiciones de control natural (factores climáticos, variaciones en las prácticas culturales, deficiencia temporal en la represión por enemigos naturales, etc.) las plagas potenciales pueden transformarse en plagas muy dañinas.

b) Plagas migrantes: Son de especies de insectos no residentes en los campos cultivados pero que pueden penetrar en ellos periódicamente como

consecuencia de sus hábitos migratorios; es el caso de las langostas migratorias.

c) Plagas claves: En forma persistente, año tras año, estos insectos se presentan en poblaciones altas, ocasionando importantes pérdidas económicas. Suele tratarse de muy pocas especies, con frecuencia solo una o dos por cultivo, que en las condiciones normales del cultivo carecen de factores de regulación natural eficientes. Por lo general se trata de plagas introducidas. En raras ocasiones son especies nativas que se han adaptado favorablemente a cultivos introducidos o a las nuevas variedades de plantas, que resultan así particularmente susceptibles.

d) Plagas cuarentenarias: Según la definición legal (según FAO 1990, revisado FAO, 1995; CIPF, 1997 aclaración, 2005) plaga de cuarentena es: ‘Aquella que puede tener importancia económica potencial para el área en peligro aún cuando la plaga no existe o, si existe, no está extendida y se encuentra bajo control oficial’. Se trata de plagas que, pudiendo ser incluidas en cualquiera de las clasificaciones anteriores, además tienen la característica de que son especies que no se encuentran en determinados países o áreas, por lo que las declaran de cuarentena. La presencia de estas especies en una zona hacen que determinados productos agrícolas no puedan ser exportados a zonas libres de esa plaga (sin embargo si podrían serlo a zonas donde esté ya instalada). Cada país tiene un listado de plagas de cuarentena que no están presentes en su territorio, y por lo tanto, regula estrictamente la importación de productos vegetales que pudieran venir infestados con alguno de estos insectos.

Una especie de insecto en concreto puede ser considerada como plaga potencial en un sitio mientras que en otro puede convertirse en una plaga clave para un cultivo dependiendo de la capacidad de esa población de causar un daño. En general, los insectos causan daños directos, por destrucción de los órganos y tejidos vegetales durante su actividad alimenticia o de puesta, o indirectos, al actuar como vectores de patógenos o propiciar las condiciones favorables para que se instalen otros organismos perjudiciales. Este es el caso de muchos insectos picadores, que son más graves por las enfermedades que transmiten que por los daños directos que causan. Algunos insectos producen melaza que sirve de sustrato para el crecimiento de hongos del tipo de ‘la negrilla o fumaginas’ sobre las hojas y frutos. El impedimento a la exportación cuando tenemos plagas consideradas de cuarentena, podríamos considerarlo igualmente un daño indirecto, aunque normalmente este tipo de plagas causa también daños directos, a veces muy graves (como ocurre con la mosca de la fruta o la polilla guatemalteca de la papa).

Un aspecto interesante es lo que podríamos considerar como ‘daños cosméticos’ y que están en ocasiones más relacionados con los hábitos del consumidor que con la gravedad de los daños que causa el insecto mismo.

Es frecuente que el consumidor no compre frutos o vegetales que presenten pequeñas mordidas o daños, a veces superficiales y que no afectan a la parte del fruto que se consume. Esta actitud obliga a los productores a realizar tratamientos para evitar esas pequeñas lesiones.

Si bien a nivel local las pérdidas por las plagas agrícolas pueden llegar a porcentajes muy altos, dependiendo de circunstancias locales, las estimaciones más frecuentes sitúan esas pérdidas cerca del 13% de la producción mundial. Porcentaje que se ha mantenido más o menos constante en las últimas décadas (Tabla 1). Si sumamos las pérdidas causadas por otros organismos perjudiciales (patógenos y malas hierbas) las pérdidas globales totales de la agricultura se elevan a porcentajes, que dependiendo de los autores, oscilan entre el 30% y el 40% de la producción total.

Tabla 1. Comparación de las pérdidas anuales estimadas en Agricultura (en \$ USA) (según Pimentel, 1985). N.D.: sin datos.

PERÍODO	Insectos	Patógenos	Malas hierbas	% Total	TOTAL (\$ USA)
1904	9,8	N.D	N.D	N.D	4.000 x 10 ⁶
1910-1935	10,5	N.D	N.D	N.D	6.000 x 10 ⁶
1942-1951	7,1	10,5	13,8	31,4	27.000 x 10 ⁶
1951-1960	12,9	12,2	8,5	33,6	30.000 x 10 ⁶
1974	13,0	12,0	8,0	33,0	77.000 x 10 ⁶
1980	13,0	12,0	12,0	37,0	78.000 x 10 ⁶

La necesidad de establecer medidas de control obliga al agricultor a desembolsos económicos elevados para tratar de reducir lo más posible los daños causados por las plagas.

¿Por qué hay tantas plagas agrícolas?

Es una pregunta que puede tener respuestas múltiples, dependiendo del aspecto bajo el que se considere la relación insecto-planta. En realidad el concepto de plaga implica una consideración antropocéntrica, como se dijo anteriormente, ya que solo consideramos como plaga aquellos insectos que destruyen y causan pérdidas en productos por los que el hombre tiene un especial interés, normalmente de tipo económico. Si la planta atacada no es objeto de cultivo, no nos planteamos que los insectos que viven a expensas de ellas sean 'plagas'. En cualquier caso, esa habilidad de los insectos para alimentarse de multitud de especies vegetales (incluidas las de interés agrícola) puede explicarse por razones biológicas y por factores creados por el hombre.

Los primeros fósiles de insectos han sido datados con una edad de 350-400 millones de años (Knechta, 2011). Por lo tanto, han tenido mucho tiempo para irse adaptando a las distintas especies de plantas que han ido surgiendo en ese periodo. Según los registros fósiles, las plantas sin flores se originaron hace unos 450 millones de años y las primeras plantas con flores tienen unos 150 millones de años de antigüedad. En ese dilatado periodo de tiempo, insectos y plantas se han ido adaptando continuamente unos a otros, han coevolucionado para sobrevivir. Así, los insectos han sido capaces de adaptarse a los mecanismos que han ido poniendo en marcha los vegetales para defenderse de ellos. El resultado de ese largo proceso ha sido un equilibrio en el cual los daños que los insectos causan a las plantas son perfectamente tolerados por el vegetal. Sin embargo, este equilibrio se rompió drásticamente cuando el hombre agricultor comenzó a seleccionar especies y variedades más productivas y a sembrarlas en grandes extensiones y en zonas a veces muy lejanas de su lugar de origen.

Una de las consecuencias de este proceso de coevolución es que los insectos desarrollaron eficaces mecanismos de detoxificación que les permiten alimentarse de tejidos vegetales conteniendo una gran diversidad de metabolitos secundarios, algunos de los cuales fueron elaborados por las plantas para defenderse precisamente de ellos. Esta capacidad de los insectos tuvo luego una gran importancia cuando surgió el control químico y permite entender, en parte, la capacidad de estos animales para adquirir resistencia a estos nuevos compuestos de síntesis.

Otra característica de la biología de muchos insectos es la de tener ciclos de vida cortos y modalidades de reproducción que les permite generar una descendencia abundante en poco tiempo. Hay especies que son capaces de reproducirse asexualmente (por partenogénesis) lo que les permite explotar rápidamente un recurso alimenticio provisional. Es el caso de los pulgones, que cuando comienza la brotación y hay abundantes tejidos vegetales tiernos se reproducen partenogenéticamente y sus poblaciones se incrementan rápidamente en pocas semanas. Esta capacidad de partenogénesis en unos casos, y en otros la capacidad de producir numerosos huevos, junto a la existencia de ciclos cortos, permite que aquellos individuos que tienen más desarrollada alguna de estas capacidades de detoxificación y por lo tanto pueden sobrevivir a las dosis empleadas en los tratamientos químicos, pasen a su descendencia esta característica y, en poco tiempo, tengamos poblaciones resistentes a los productos químicos que se aplican para su control.

A lo largo de esos 350-400 millones de años los insectos también han desarrollado un sofisticado sistema de comunicación química (feromonas) que regulan gran parte del comportamiento de estos animales. El desarrollo de estas feromonas fue acompañado de la adquisición de un sistema de receptores químicos, que les ayuda también a identificar otros

semioquímicos (sustancias producidas por organismos que modifican el comportamiento de otros seres vivos), en esta ocasión producidos por vegetales o por especies de insectos, lo que representa una gran ventaja para localizar el alimento, lugares adecuados de puesta, etc.

Las razones anteriores podrían explicar en parte el motivo por el que se originan las plagas agrícolas y las dificultades que existen para su control. Son cuestiones relacionadas con la biología de los insectos. Sin embargo, podemos considerar otras que, aún estando estrechamente ligadas a la biología, son originadas por la actividad del hombre.

Desde que el hombre inició la agricultura hemos ido seleccionando las variedades cultivadas en busca de una mayor productividad. Durante ese proceso de selección, llevado a cabo por los propios agricultores, mejoradores vegetales, y posteriormente con los productores de híbridos, muchas de las variedades cultivadas han ido perdiendo parte de los mecanismos naturales de defensa adquiridos durante millones de años en ese lento proceso de coevolución.

De forma paralela al proceso de selección vegetal, hemos introducido especies cultivadas, variedades e híbridos, en lugares alejados de su región de origen, olvidándonos de variedades propias, tal vez menos productivas, pero mejor adaptadas a las condiciones particulares de la zona. Estas variedades foráneas no evolucionaron conjuntamente con los insectos que se encuentran en el lugar de importación. Por otro lado, hemos transportado, bien mediante el comercio o bien en la maleta del equipaje, a los insectos de unas regiones a otras, donde no existen enemigos naturales que regulen sus poblaciones. En ambas circunstancias hemos puesto en contacto a una especie vegetal con una especie de insecto que no han desarrollado mecanismos que permitan llegar a un equilibrio entre ellas, y por lo tanto, es una situación ideal para que los insectos puedan aumentar sus poblaciones hasta niveles de plaga. En el caso del transporte de insectos de un lugar a otro hay que incluir, además, otro factor importante. En su lugar de origen, la especie de insecto en cuestión suele estar regulada también por la presencia de enemigos naturales que hacen que las poblaciones no lleguen a densidades que pongan en peligro a las especies vegetales. Cuando se realiza la introducción de un insecto en una región distinta, sus enemigos naturales no suelen ir con ellos o no llegan a establecerse en las nuevas condiciones ambientales, por lo que este freno natural al aumento de población desaparece.

El empleo abusivo e indiscriminado de los plaguicidas químicos de síntesis ha dado lugar a la existencia de poblaciones de insectos muy resistentes. Fenómeno ligado a la variabilidad natural de toda población, debida probablemente a distintos genes de resistencia presentes en los insectos, relacionados con las capacidades de detoxificación. La transmisión de esas características de resistencia, seleccionadas artificialmente

por el uso de insecticidas químicos, se ve acentuada por la alta tasa reproductora y ciclos cortos que se comentó anteriormente. La aplicación indiscriminada de insecticidas químicos para el control de plagas llevó a la situación de que muchos de ellos dejaron de ser eficaces por la selección de poblaciones resistentes (Blumel, 2002). El problema se agravó cuando se comprobó que una población resistente a un determinado compuesto químico, normalmente presentaba resistencia cruzada a otras moléculas, que incluso nunca se habían aplicado en esa región. Además, se comprobó que la misma especie de insectos presentaba diferentes grados de resistencia frente a un mismo insecticida dependiendo de la zona en que estuviera y del historial de tratamientos aplicados en cada una. El desconocimiento de este hecho hizo que en algunas zonas se aplicaran dosis excesivamente altas del insecticida (sin necesidad, puesto que la población era sensible) mientras que en otras las dosis eran muy bajas para la resistencia que había adquirido la población presente en ella, con lo que la población adquiría mas resistencia puesto que esas dosis subletales permitían sobrevivir a aquellos individuos mejor preparados.

Hasta la década de los 50 del siglo pasado, el número de especies de insectos resistentes a alguno de los pocos productos químicos que se empleaban para su control era relativamente bajo (Tabla 2). Sin embargo, a los pocos años de la introducción y uso generalizado del DDT el número de especies de insectos con alguna resistencia se disparó. La posterior introducción en el mercado de distintos tipos de insecticidas químicos de síntesis y su uso masivo, hizo que a finales de la década de los 80, se conocieran más de 500 especies de plagas que mostraban resistencia; en algunos casos, esa resistencia era frente a distintos tipos de moléculas químicas usadas como insecticidas.

Tabla 2. Incremento cronológico del número de insectos y ácaros con resistencia documentada hacia los plaguicidas (según Georgiou, 1990).

DÉCADAS	Nº especies	TOTAL
1908	1	1
1909 – 1918	2	3
1919 – 1928	2	5
1929 – 1938	2	7
1939 – 1948	7	14
1949 – 1958	62	76
1959 – 1968	148	224
1969 – 1978	190	414
1979 – 1988	90	504

Control de plagas agrícolas

Desde que comenzó la agricultura y se tuvo la necesidad de controlar y reducir los daños causados por las plagas agrícolas, este problema se ha ido tratando de resolver de distintas formas, relacionadas directamente con el conocimiento de la biología de las plantas y las plagas y también con los avances en otras ciencias, como es el caso de la Química o la Biología.

Antes del siglo XIX se hacía lo que se podía para el control de las plagas, recurriendo a compuestos como piretros, caldo bordelés, azufre, variedades adaptadas, métodos culturales y poco más. La situación se vio considerablemente agravada cuando entraron en funcionamiento los barcos de vapor. En 1862 ya se cruzaba el Atlántico Norte en tan solo 8 días. Fue un hito histórico en las comunicaciones marítimas, celebrado por todo el mundo, incluidos los insectos. Este hecho junto con el desconocimiento que había sobre la dispersión de plagas, supuso que muchos insectos viajaron en estos veloces barcos dispersándose a grandes distancias, a territorios nuevos en los que no existían enemigos naturales que pudieran poner freno o control a su desarrollo. En la actualidad, en pocas horas, una fruta recogida a 15000 km de distancia ya está a la venta en nuestros supermercados. Esta dispersión a grandes distancias de los insectos en poco tiempo fue generalizándose, y en algunos sitios la gravedad de los daños que causaron estas plagas introducidas fue de tal magnitud que los gobiernos tuvieron que prestar atención a este problema.

Pocos años después de que comenzaran a funcionar los barcos de vapor y se aumentara la velocidad del transporte de productos agrícolas, hacia 1868-69, surgió una grave plaga de cítricos en California que obligó al gobierno americano a intentar controlarla y poner en marcha lo que sería el primer programa exitoso documentado de control biológico. Con anterioridad se había empleado el control biológico con más o menos acierto, pero fue el éxito espectacular del control de la ‘escama algodonosa’ de los cítricos en California el que marcó el punto de partida en el uso de enemigos naturales para el control de plagas.

La cochinilla acanalada de los cítricos (*Icerya purchasi* Mask.) es un insecto nativo de Australia, introducido accidentalmente en California y casi al mismo tiempo en Nueva Zelanda y Sudáfrica. Después, se dispersó hacia la mayoría de las áreas tropicales y subtropicales y a muchas regiones templadas del mundo. Esta introducción, que no fue acompañada con la dispersión simultánea de los enemigos naturales del insecto, pasó desapercibida inicialmente hasta que el aumento de población del insecto y los daños que causaba fueron evidentes. A principios de la década de 1880 la industria citrícola californiana padecía pérdidas millonarias por la infestación de este insecto.

El riesgo que supuso para la economía de California (junto con las protestas y demandas de ayuda de los agricultores) llevó al gobierno federal a intervenir. Se designó a Charles Valentin Riley (Jefe de la División de Entomología del Gobierno Federal) para que estudiara el problema. C. V. Riley propuso la búsqueda de los enemigos naturales de la cochinilla en Australia y su eventual introducción en California, lo que *de facto* se considera el primer caso de diseño y planeamiento de un control biológico, y que además tuvo un éxito espectacular.

Riley dio instrucciones para que sus dos entomólogos de campo, Albert Koebele y Daniel William Coquillett, llevaran a cabo esta tarea. En 1888, el primero fue enviado a Australia para buscar enemigos naturales de *Icerya purchasi*. Koebele redescubrió un insecto conocido como ‘vedalia’ y cuyo nombre científico es *Rodolia cardinalis* (Mulsant) (Coleoptera, Coccinellidae), que había sido descrito anteriormente, pero al que no se le había prestado mayor atención. Nadie imaginó entonces el papel que tendría este pequeño animal en el futuro del control de plagas.

En noviembre de 1888, Koebele hizo el primer envío de la ‘vedalia’ hacia California. Entre noviembre de 1888 y abril de 1889, Coquillett recibió en California cinco envíos con un total de 524 ejemplares de *Rodolia cardinalis*. Este escaso número de insectos importados resultó ser suficiente. Se adaptó perfectamente a las condiciones de California y se reprodujo. En poco tiempo sus poblaciones fueron lo suficientemente grandes para realizar la regulación de las poblaciones de la plaga.

El éxito alcanzado por *Rodolia cardinalis* ‘estableció los procedimientos del control biológico como un método válido de control de plagas’, inauguró la era moderna del control biológico clásico y promovió el interés y entusiasmo por el control biológico en todo el planeta. Tras el éxito en California, entre 1889 y 1958, la ‘vedalia’ fue introducida en 55 países localizados tanto en zonas tropicales como templadas y desérticas.

Desde la perspectiva actual la actuación de Riley puede ser cuestionable, puesto que hoy consideramos que para realizar este tipo de introducciones antes es necesario realizar rigurosos estudios sobre los posibles efectos colaterales que podría tener la introducción de una especie foránea (aunque sea un enemigo natural de una plaga). Pero al margen de estas consideraciones, lo cierto es que el éxito alcanzado por Riley en el control de la escama algodonosa de los cítricos introduciendo este enemigo natural, marcó un momento histórico en el control biológico de plagas.

No obstante, el término ‘control biológico’ fue utilizado por primera vez unos 30 años más tarde, por Harry Scott Smith en 1919, quién lo definió como: ‘Utilización por parte del hombre de seres vivos (depredadores, parásitos y patógenos), que limiten las poblaciones de ciertos organismos, animales o vegetales, perjudiciales’. Esta definición contemplaba otros

organismos biológicos potencialmente útiles como agentes de control, además de los propios insectos.

La finalidad de la lucha biológica, es que mediante la interacción a lo largo del tiempo entre enemigos naturales y plagas, se llegue a la posición de 'equilibrio biológico', siendo este equilibrio una característica permanente de un determinado cultivo (Gambaro, 1986). No se trata tanto de un control sino de una regulación de una población debido a sus interacciones con otra, de tal manera que la población se mantenga estable en torno a ese punto de equilibrio biológico, en el que los daños son perfectamente tolerables por el vegetal y por el propio agricultor.

Sin embargo, el desarrollo de la lucha biológica tuvo momentos frustrantes. Algunos fracasos hicieron ver la importancia que tenía el conocimiento de la biología tanto del insecto plaga como de los posibles insectos usados para su control. La idea de control biológico parece simple, una vez instalado se mantiene en el tiempo, pero en la práctica supone más complejidad que el tratamiento químico ampliamente usado en la segunda mitad del siglo XX.

Un ejemplo de esto lo tenemos con el control biológico de la cochinilla del café en Kenia. Durante casi veinte años ocurrió una cadena de fracasos en el intento de controlar a esta plaga. Las causas de dichos fracasos son una importante lección de la que se ha tomado buena nota.

En 1923 se detectó una plaga del cafeto en Kenia. El insecto se estudió morfológicamente y se llegó a la conclusión de que se trataba de una especie de cochinilla algodonosa, *Pseudococcus citri* Riso (Homoptera, Pseudococcidae), ya conocida por causar daños en muchas otras plantas cultivadas. Siguiendo las pautas de lo realizado en California unos 30 años antes, entre 1923 y 1926 se importaron ejemplares de un coccinélido, *Cryptolaemus mountrouzieri* Mulsant (Coleoptera, Coccinellidae) y de *Leptomastidea abnormis* (Girault) (Hymenoptera, Encyrtidae) que se sabía que atacaban a esta cochinilla algodonosa en Sicilia. Los insectos de este primer envío murieron durante el transporte y no llegaron a Kenia. Una posterior importación desde California llegó al país, se liberaron pero no consiguieron establecerse y controlar la plaga.

Tratando de buscar una explicación a este primer fracaso, en 1934 los investigadores se dieron cuenta de que la identificación inicial del insecto como *Pseudococcus citri* había sido un error, y consideraron que se trataba de otra especie diferente, conocida como *Pseudococcus lilacinus* Ckll. (Homoptera, Pseudococcidae). Aparentemente, una vez resuelta la confusión que podría haber explicado el primer fallo, se importaron parásitos de *Pseudococcus lilacinus* desde Filipinas y Java, donde se sabía que controlaban a dicha especie de cochinilla algodonosa.

Pero nuevamente falló el intento de establecer con éxito una población de parásitos y la cochinilla algodonosa siguió devastando los cafetales.

Estos daños hicieron que los investigadores persistieran en su afán por encontrar la clave a estos fracasos sucesivos. Si el control biológico había funcionado muy bien en California y luego en muchos otros sitios, ¿por qué no sucedía lo mismo en Kenia?

Se revisaron nuevamente los estudios sobre la identificación de la especie que causaba la plaga, y en 1935 se comprobó que se trataba de una especie nueva de cochinilla algodonosa, introducida en Kenia, y que nunca había sido descrita para la ciencia. A esta nueva especie se la denominó *Pseudococcus kenyae* Le Pelley (Homoptera, Pseudococcidae). Por lo tanto, se podía justificar por qué los enemigos naturales de las otras especies de cochinillas importados anteriormente, no habían conseguido ningún éxito.

En descargo de los investigadores hemos de considerar que por aquella época la identificación de especies por su morfología era una cuestión relativamente compleja, dependiendo del grupo de insectos, y era especialmente complicada con el grupo de las cochinillas algodonosas. Además, los investigadores carecían de los medios técnicos que disponemos hoy en día y de la rapidez para transmitir y recibir información.

El problema en ese año 1935 fue determinar el origen de esta nueva especie, para buscar allí sus enemigos naturales. En 1937 se encontró la misma especie de cochinilla en Uganda, pero sorprendentemente allí no era una plaga sobre los cafetales. Inmediatamente se inició la búsqueda de enemigos naturales en ese país, encontrándose varias especies de *Anagyrus* (Hymenoptera, Encyrtidae), entre ellos *Anagyrus beneficians* Compere, un pequeño himenóptero que atacaba a la cochinilla del cafeto en Uganda. Se importaron a Kenia donde fueron criados y ya, en 1938, se hizo una primera liberación 15000 adultos. Entre 1939 y 1941 se liberaron 200000 insectos cada año. Estas liberaciones de enemigos naturales, su establecimiento en los campos de café y el control que ejercían sobre la cochinilla hicieron que las pérdidas se redujeran en un 90%. Este control biológico siguió siendo eficaz al menos hasta 1956. De esta forma, la elevada importancia de realizar una identificación correcta tanto del insecto como de sus enemigos naturales quedó clara.

Este ejemplo nos ilustra que a la hora de diseñar un control biológico todos los aspectos a considerar son importantes, y que el fracaso a veces está más relacionado con errores humanos en la planificación, que con el propio concepto de lucha biológica.

Resulta crucial determinar los posibles efectos adversos para el ecosistema de los organismos que introducimos. La introducción de un insecto (u otro organismo) para el control de una plaga debe hacerse evaluando muy bien el posible impacto que este insecto útil pueda tener en otros insectos nativos de la región donde se pretende introducir. Se trata de organismos vivos y, por lo tanto, empezarán una interacción con el ecosistema donde los liberemos. La idea de que solo se instalarán en el

cultivo donde está actuando la plaga es errónea. Una vez que se han liberado en el cultivo, este insecto útil se desplazará por su entorno, tanto en las zonas cultivadas como en las no cultivadas. De aquí la necesidad de evaluar previamente todos los posibles impactos que pueda suponer para el ecosistema (Delfosse, 2005).

Hay casos donde la aplicación del control biológico ha generado algún tipo de problemas. En Hawai se han documentado distintos incidentes causados por la introducción de agentes de control foráneos, pero la aplicación de criterios adecuados ha hecho que esos incidentes se hayan reducido sustancialmente en la última década en aquellas islas.

En Canarias se ha sugerido que el declive de una mariposa endémica, *Pieris cheiranthi* Hübner (Lepidoptera, Pieridae), ha sido causada por un bracónido parasitoide (Lozan, 2008). La introducción de *Compsilura concinnata* Meigen (Diptera, Tachinidae) en Estados Unidos en 1906, para el control de *Lymantria dispar* (L.) (Lepidoptera, Lymantriidae) y otras plagas de lepidópteros, fue el responsable del declive de algunas mariposas nativas debido al parasitismo que se estableció sobre las larvas de estos insectos (Hoddle, 2002). Estos y otros casos similares apoyan la necesidad de realizar evaluaciones previas a la aplicación del método de control biológico, sobre todo cuando se trata de introducir enemigos naturales foráneos. Debemos de ser conscientes de que cualquier método de control tiene sus ventajas e inconvenientes, incluido el control biológico. La cuestión es elegir aquel más adecuado a cada caso, que nos de una eficacia suficiente con un mínimo coste ambiental, sanitario, etc.

Auge de los insecticidas químicos

El control biológico fue funcionando perfectamente, incluso los errores que se producían servían para entender mejor los mecanismos implicados en esta técnica de control. Pero sufrió un repentino parón en su utilización, coincidiendo con la salida al mercado de numerosos compuestos químicos de síntesis que actuaban como insecticidas. La carrera se inició con el DDT [Dicloro Difenil Tricloroetano o 1,1,1-tricloro-2,2-bis(4-clorofenil)-etano], y que solo en los últimos años se ha ido frenando debido a las numerosas evidencias del impacto negativo que tiene para el ecosistema y las personas, además de haberse mostrado como una solución eficaz solo a corto plazo.

Podemos considerar a la segunda mitad del siglo XX como la época dorada de los insecticidas químicos. Resulta espeluznante ver alguno de los anuncios publicitarios de los años 40-50 fomentando el uso del DDT, en los que personalidades famosas aparecían envueltas en una nube de este producto para demostrar su ‘inocuidad’, lo que a la larga se demostró que era totalmente falso.

Tampoco podemos demonizar completamente a los insecticidas químicos. En su momento supusieron una ayuda importante para los agricultores, y fueron una valiosa herramienta para el control de insectos vectores de graves enfermedades para los humanos, como es el caso de la malaria. Posiblemente, el mayor error estuvo en considerar a esta herramienta como única y usarla de forma masiva e indiscriminada, desoyendo las primeras voces que alertaban sobre posibles efectos negativos en el ambiente y las personas, así como la aparición de las resistencias en los propios insectos.

Pero a pesar de los inconvenientes y de los problemas bien documentados, parece que había y hay importantes razones económicas para proseguir en esa carrera hacia delante, produciendo más químicos y buscando nuevas moléculas activas que se pudieran sintetizar y producir a gran escala. Hay que reconocer que una de las grandes ventajas que tienen los insecticidas químicos de síntesis es que son baratos de producir y la producción a gran escala contribuye al abaratamiento de esos costes. Son fáciles de transportar a grandes distancias manteniendo su capacidad de matar a los insectos (por lo menos hasta que estos adquieren resistencia frente a ese compuesto químico). En muchos casos son relativamente estables cuando se aplican sobre el cultivo y por tanto tienen una larga persistencia. Son muy fáciles de aplicar, por lo que los propios agricultores no requieren tener una formación especializada y son capaces de preparar los distintos caldos a las concentraciones indicadas por el fabricante (actualmente se requiere, al menos en la Unión Europea, el estar en posesión de un permiso especial para el uso y aplicación de estos químicos, pero no era así hace no muchos años). Resultan engañosamente seguros y eficaces, puesto que los efectos perjudiciales crónicos en las personas se detectan a largo plazo.

Volviendo a las razones económicas, y para entender mejor este problema, las estimaciones para el mercado mundial de fitosanitarios calculaban en 2007 un volumen de ventas en torno a los 21.267 millones de euros. En la Unión Europea ese mercado alcanzaba 6.731 millones de euros mientras que en España la Asociación Española de Productores de Fitosanitarios (AEPLA) cifraba ese comercio en 575 millones de euros. Se trata de un gran negocio, con grandes beneficios que las grandes empresas no están dispuestas a perder, al menos mientras no se vean obligadas. Hay que considerar que poner un nuevo producto insecticida químico de síntesis en el mercado requiere una gran inversión económica y una media de 8 años de investigación y desarrollo (Pimentel *et al.*, 1978) y las empresas quieren amortizar a toda costa esa inversión.

Afortunadamente el panorama ha ido cambiando progresivamente. Las claras evidencias del perjuicio medioambiental y para la salud humana, así como la ineficacia a medio y largo plazo, han llevado a la Unión Europea a

imponer severos controles al uso de estos productos y al registro de nuevas moléculas para este fin.

Un argumento que se valora cada vez más es lo que se ha dado en llamar ‘costes ambientales’ o ‘costes externos’. Es decir, lo que cuesta a la sociedad paliar los efectos perjudiciales que conlleva la aplicación de los insecticidas químicos, y que desafortunadamente, todavía no se ha generalizado su inclusión a la hora de establecer el coste que supone la aplicación del control químico. Estamos ya acostumbrados a oír hablar de pagar por la emisión de CO₂ a la atmósfera, incluso los impuestos de los vehículos gravan más a los modelos que mas CO₂ producen. Sin embargo, esta idea todavía no ha llegado al ámbito del control químico de plagas y no se suele tener en cuenta cuando se compara los costes reales de éste con los de otros alternativos.

Y no se puede alegar desconocimiento. Hace ya varias décadas que se han realizado diversos estudios sobre estos daños colaterales y lo que suponen para la sociedad. Ya desde la década de los 80-90 se realizaron estudios de esta naturaleza en Estados Unidos. Estudios más recientemente (Mundford *et al.*, 2005), ponen en evidencia que los costes externos en los tratamientos químicos puede suponer una cantidad económica importante que al final, es asumida por la sociedad. Estos últimos estudios se han basado en el control de plagas de los cítricos y han mostrado como esos costes externos son muy variables, dependiendo del tipo y características de los compuestos y de la forma en que se aplican. Así, por ejemplo al Spinosad formulado como ‘cebo’ se le calcula un coste externo de 0,001 €/Ha y aplicación, mientras que cuando es usado para fumigación ese coste sube hasta los 0,76 €/Ha y aplicación. Esta misma comparativa para el Trichlorfon es de 1,52 €/Ha y aplicación en forma de cebo, y de 12,94 €/Ha y aplicación en forma de fumigación (algunos céntimos más que el Clorpirifos aplicado de la misma forma). En ese estudio hay varios insecticidas con unos costes externos próximos a los 15 €/Ha y aplicación: el Fenitrothion (14,04 €), Metidathion (14,22 €) y Fosmeth (14,71 €).

Presentados de esta forma, parece que un coste externo de 14,71 €/Ha y aplicación no sea un coste elevado, pero cuando esto lo trasladamos a todo un país los números si resultan importantes. Así, los costes derivados de la presencia de insecticidas en el ambiente (fuentes de agua potable, muertes de peces, incidentes ambientales, efectos sobre polinizadores, etc.) estimados en libras esterlinas, fueron de unos 192 millones en el Reino Unido, 950 millones en Estados Unidos y 86 millones en Alemania, lo que en conjunto, constituyen cantidades muy importantes (Prety *et al.*, 2001), y que a diferencia de lo que ocurre con el CO₂ y los medios de transporte, donde existe un impuesto que grava a las emisiones de CO₂, en el caso de los insecticidas (y de otros fitosanitarios), no paga quien contamina sino que esos gastos se asumen por toda la sociedad, lo que incluye también, y

resulta paradójico, a aquellos agricultores que realizan agricultura biológica.

Un aspecto que merece ser destacado dentro de estos costes externos es la incidencia de estos insecticidas químicos de síntesis sobre la salud humana. Muchos estudios muestran como la exposición a estos compuestos trae distintas consecuencias para la salud humana. Sin entrar en el problema de la intoxicación aguda que puede llevar rápidamente a la muerte de la persona, la situación menos evidente es la exposición crónica a niveles subletales de estos compuestos. Hay evidencias sólidas que relacionan determinadas dolencias con determinados insecticidas.

En Canarias, un estudio publicado en el 2004 reveló que un alto porcentaje de la población canaria presentaba residuos de DDT o sus derivados en el organismo. Y el DDT fue oficialmente prohibido en el año 1977 (27 años antes). Este insecticida se puede almacenar en las grasas animales y permanecer allí durante mucho tiempo, por lo tanto, no es extraño que se encontraran estos residuos en personas mayores de 30 años. Lo que resulta inquietante en dicho estudio es que estos residuos y derivados del DDT también se encontraran en individuos muy jóvenes, lo que indica que han tenido una exposición reciente a este insecticida. En algunos puntos de Gran Canaria los niveles de derivados del DDT en la población alcanza valores similares a los que se encuentran en zonas donde la malaria es endémica y se han aplicado cantidades ingentes de ese insecticida para el control del mosquito vector de la enfermedad (Zumbado *et al.*, 2004).

A pesar de todo, la carrera por el descubrimiento de nuevos insecticidas químicos continua, los intereses económicos son muy fuertes, y cuando la legislación de Estados Unidos o de la Unión Europea se ha endurecido, el recurso ha sido enviar esos productos químicos a países en vías de desarrollo, en los que la legislación no existe o es más laxa, y donde se están acumulando en grandes cantidades.

¿Hacia donde vamos en el control de plagas?

En este punto, cuando ya hemos visto como el control biológico es efectivo, y hemos adelantado algunas opiniones sobre el auge de los insecticidas químicos y el retroceso paralelo que tuvo el desarrollo y aplicación de la lucha biológica, esta es la siguiente cuestión que nos planteamos, junto con: ¿Qué previsiones hay sobre como será el manejo de plagas en ese futuro a corto y medio plazo?

A esta pregunta se está dando respuesta desde hace varios años. Una propuesta han sido las plantas transgénicas, y más concretamente las ‘plantas Bt’, en las que se ha incorporado al genoma de la planta un gen de

Bacillus thuringiensis que codifica la producción de una toxina que tiene propiedades insecticidas. Las esperanzas puestas en esta técnica se han visto frustradas puesto que ya se han descrito poblaciones de insectos que se han vuelto resistentes a la toxina y han sobrepasado la defensa que proporcionaba a la planta la introducción de ese gen bacteriano. Este riesgo había sido previamente anunciado por especialistas en control de plagas, pero una vez más, posiblemente por intereses económicos, fue desoído sistemáticamente por las empresas desarrolladoras de esta tecnología.

Dejando al margen este tipo de innovaciones, por las que habrá que esperar un poco más para poder evaluarlas correctamente, las previsiones en la agricultura para un horizonte a medio y corto plazo apuntan hacia la introducción de los conceptos ecológicos en el campo agrícola (cosa que ya viene ocurriendo desde hace años). Estos conocimientos ecológicos deben ser entendidos y manejados por los agrónomos que tendrán que diseñar y manejar la explotación agrícola como un ecosistema especial, el ‘agroecosistema’.

Este concepto, que no es nuevo, puesto que es el tipo de cultivo que prácticamente se llevaba a cabo hasta la década de 1940, exceptuando los sistemas de monocultivos, tendremos que retomarlo y adaptarlo a la situación actual. Tendremos que aprovechar todos nuestros conocimientos sobre las distintas interacciones que se establecen entre los organismos presentes en un cultivo agrícola, y entre estos y los que se encuentran en las zonas adyacentes, sean otros cultivos o espacios naturales. Esta idea encaja también en lo que se ha puesto de moda en llamarse ‘agricultura sustentable’ o ‘agricultura sostenible’. Posiblemente este planteamiento agroecológico sea el predominante en la agricultura de un futuro próximo.

En este agroecosistema, en lo que se refiere al control de plagas, nos vamos a encontrar con distintos tipos de interacciones biológicas en el cultivo, que debemos conocer para poderlas manejar adecuadamente con el fin de reducir los daños causados por los insectos. O lo que es el objetivo fundamental, manejar esas interacciones de forma que las poblaciones de los distintos insectos se regulen y no lleguen al nivel de plaga.

El primer aspecto a considerar es la propia planta, el suelo y las condiciones de cultivo. Hemos asistido a la reducción del número de cultivares que se emplean para la producción de alimentos. Se han distribuido semillas de muy pocas especies que, cuando se producen en condiciones adecuadas, son muy productivas, pero que al mismo tiempo, esta homogeneidad supone un elevado riesgo de que una posible plaga o epidemia se extienda por todo el cultivo y arrasase con él (en el sur de Estados Unidos una epidemia en los años 70 arrasó casi el 20% de la producción de millo, y en algunos lugares las pérdidas llegaron al 100% de la cosecha, lo que es un ejemplo muy ilustrativo). Es frecuente que la introducción de estos cultivares productivos se haga en una zona donde las

condiciones ambientales no son las más favorables, pero que aún así, resultan más rentables que variedades tradicionales seleccionadas mediante siglos de experiencia por los agricultores locales, y que normalmente están mejor adaptadas a las condiciones locales y sufren menos problemas de plagas y enfermedades. Sin embargo, el hecho es que en la actualidad se están perdiendo estas variedades a favor de los cultivares comerciales.

En este agroecosistema tendremos que evaluar las ventajas de diversificar los cultivos, de forma que esa diversidad vegetal se traduzca en una diversidad faunística que propicie interacciones de autorregulación entre las poblaciones de insectos. Existen muchos trabajos de investigación que muestran como la diversidad vegetal suele ir acompañada de mayor diversidad de especies de insectos que se autorregulan y evitan que una de ellas aumente y se convierta en un grave problema (Frank, 2010). Cuestión diferente es que el agricultor deba realizar sus cálculos y evaluar hasta que grado le es rentable esa diversificación agrícola y hasta donde puede permitírselo. La demanda del consumidor de los distintos tipos de vegetales es también diferente, y el agricultor debe tratar de responder a esa demanda. Pero la diversificación de los cultivos es una herramienta muy útil que debemos contemplar en el manejo de ese agroecosistema. Tenemos que tratar de alcanzar un cierto equilibrio entre los distintos elementos que forman el agroecosistema.

Cuando se produzcan desequilibrios (y será difícil que no sea así puesto que ya por si mismo el ecosistema agrícola no es ‘natural’, es manipulado por el agricultor) debemos recurrir a métodos de control que interfieran lo mínimo posible con esa búsqueda del equilibrio en el cultivo y que, por lo tanto sean, medioambientalmente hablando, lo más inocuos posibles.

Existen distintas estrategias de control de insectos-plagas que pueden aplicarse en un agroecosistema. La primera ya se ha comentado: establecer un cultivo con variedades adaptadas a las condiciones ambientales locales y a las peculiaridades del suelo donde se va a cultivar, diversificar la explotación agrícola (Men *et al.*, 2004) y realizar un seguimiento del estado del cultivo y de los insectos que viven a sus expensas.

Si en estas condiciones alguno de los factores se modifica y una población de insectos aumenta o existe la posibilidad de que ponga en riesgo la producción, disponemos de herramientas para tratar de evitar que surja el problema o reducir su incidencia. Algunas de esas herramientas ya se han utilizado con eficacia, mientras que otras están siendo investigadas y desarrolladas, por lo que habremos de esperar algún tiempo para comprobar realmente su utilidad para el control de plagas.

a) Control biológico: La Organización Internacional de Lucha Biológica (OILB) define el control biológico como ‘la utilización de organismos vivos, o de sus productos, para evitar o reducir las pérdidas o daños

causados por los organismos nocivos'. Esta definición implica que, además de parasitoides, depredadores y patógenos de insectos y ácaros, se consideran también como agentes de control biológico, a los fitófagos y patógenos de malezas así como feromonas, hormonas juveniles, técnicas autocidas y manipulaciones genéticas. El control biológico trata de mantener las poblaciones de insectos dentro de unos márgenes tolerables, que oscilen en torno a lo que se conoce como punto general de equilibrio de la población. Esto lo podemos conseguir introduciendo enemigos naturales que se instalen en el cultivo y tengan la capacidad de regular continuamente la especie que puede llegar a ser perjudicial. Cuando el enemigo natural no es capaz de instalarse adecuadamente podemos recurrir a importaciones y liberaciones periódicas.

b) Machos estériles: La esterilización de machos realizada en instalaciones adecuadas y su posterior suelta en el campo permite a estos machos competir con los machos salvajes, no tratados, y cuando se aparean no fertilizan a las hembras, por lo que no dejan descendencia y teóricamente la población del insecto a controlar irá disminuyendo. Esta técnica implica la suelta periódica de estos machos estériles en amplias áreas. Una alternativa a esta esterilización dirigida solo a los machos es la utilización de quimioesterilizantes. En este caso, el compuesto esterilizante se coloca en trampas cebo con atrayentes alimenticios, por lo que acudirán tanto machos como hembras. Al alimentarse, los individuos de ambos sexos resultan esterilizados, y por lo tanto, cuando retornan al cultivo, los apareamientos entre ellos, o de estos con otros no esterilizados, no dejan descendencia, con lo que el efecto sobre la población será más acusado que cuando se emplean solo machos esterilizados. Sin embargo, esta técnica que se está probando con cierto éxito para el control de la mosca de la fruta, puede tener los días contados. El compuesto esterilizante usado en la actualidad es posible que sea prohibido por la Unión Europea en los próximos años. De ahí que se estén buscando otras moléculas que, siendo igual de eficaces, no tengan los inconvenientes que presentan las actuales.

c) Semioquímicos: Las relaciones insecto-planta e insecto-insecto suelen estar mediadas por moléculas químicas. Es el caso de las feromonas (compuestos producidos por un individuo que será identificada por otro individuo de la misma especie), o los aleloquímicos, que son aquellos compuestos que producidos por individuos de una especie son reconocidos por individuos de otra especie. Es el caso de compuestos de origen vegetal que son identificados por los insectos y los usan para localizar a la planta de la que se alimentan. El uso de feromonas para el control de plagas se ha extendido ampliamente. Las más frecuentes son las de tipo sexual, que se han podido identificar y sintetizar y que se usan conjuntamente con trampas a las que son atraídos los adultos de los insectos y en las cuales mueren. En este caso, las capturas son normalmente de machos que se dirigen a las

trampas atraídos por una feromona sintética que imita a la que produce la hembra. Otra forma de usar este tipo de feromonas, y que ha funcionado con éxito en el control de la polilla del racimo en la vid, es el método denominado de ‘confusión sexual’. En este caso, se distribuye la feromona sintética por el campo de cultivo, se crea una ‘nube’ artificial que enmascara a la que libera la hembra, de tal forma que los machos no pueden localizarla. En algunas especies se ha identificado un tipo de feromona llamado de ‘agregación’ que es usado por los individuos como señal para otros indicando normalmente la presencia de una fuente de alimento. El control del picudo negro de la platanera (*Cosmopolites sordidus* Germar) es un ejemplo del uso de este tipo de feromonas de agregación. La ventaja que tienen es que tanto los machos como las hembras son atraídos hacia las trampas.

d) Insecticidas botánicos: Muchas plantas han desarrollado metabolitos secundarios que son tóxicos para los insectos. Algunas de estas plantas, o más concretamente extractos de ellas ricos en compuestos como piretrinas [*Chrysanthemum cinerariaefolium* (Trev.) Bocc.], rotenoides (varias especies de *Derris*, *Lonchocarpus* y *Tephrosia*) y nicotinoides (*Nicotiana tabacum* L.) se han usado para proteger a los cultivos y los granos almacenados. En los últimos años la necesidad de nuevos compuestos insecticidas ha llevado a muchos investigadores a realizar búsquedas de plantas bioactivas, y de hecho, muchos de los últimos registros de insecticidas están basados en este tipo de preparados vegetales, mezclas mas o menos complejas donde hay compuestos con distinto tipo de actividad (toxica, ovicida, etc.). El ejemplo más estudiado y cuyo uso está más difundido a nivel mundial es el ‘aceite de neem’, que se extrae de la semilla de *Azadirachta indica* A. Juss., una planta originaria del sudeste asiático y que hoy se encuentra ampliamente extendida por las zonas ecuatorial y tropical debido precisamente a este uso. Este aceite es una mezcla de casi cien compuestos diferentes, entre los que la azadiractina es el más importante.

e) Hongos endófitos: Se trata de una herramienta que está en desarrollo, aunque ya hay algunos ejemplos de su utilización exitosa (Giménez *et al.*, 2007). Son hongos que viven en simbiosis en el interior del vegetal. Se ha comprobado que, en algunos casos, la presencia de esos hongos proporciona a la planta que los posee una mayor resistencia frente a los ataques de los insectos, bien porque el hongo produce sustancias tóxicas para la plaga, o bien porque su presencia induce al vegetal a sintetizar este tipo de compuestos. En ambos casos, la planta sufre menos agresiones por los insectos fitófagos que se alimentan de ella. Las investigaciones con este tipo de organismos van encaminadas a conseguir aislar estos hongos, identificarlos, estudiar que papel juegan en estas interacciones y luego tratar

de inocularlos en las plantas cultivadas para que tengan una protección adicional frente a las plagas.

En un agroecosistema, el empleo de cualquiera o de todas estas herramientas, y algunas más que no hemos comentado, deberá hacerse de forma coordinada, teniendo siempre presente que las interacciones insectos-planta no son lineales, que están reguladas por numerosos factores (de la propia planta, del propio insecto, de las condiciones ambientales) y que además se establecen interacciones a distintos niveles tróficos (vegetal-insecto fitófago-predador). El manejo adecuado de todas estas relaciones es complejo, pero hay ejemplos en donde se ha utilizado con éxito para el control de plagas importantes.

Uno de estos ejemplos es la denominada estrategia push-pull, desarrollada por Pickett y sus colaboradores en Kenia (Khan, 2008). Después del éxito obtenido se ha intentado establecer sistemas similares en muchas partes del mundo para el control de distintas plagas.

La estrategia *push-pull* se podría resumir en establecer condiciones desfavorables para la plaga en el interior del cultivo y en las zonas externas que resulten atractivas para el insecto. En Kenia la estrategia consistió en intercalar plantas repelentes, que ‘empujan’ la plaga hacia el exterior del cultivo, donde otras plantas sembradas en los bordes la ‘atraen’ hacia ellas.

En Kenia existía un grave problema con el barrenador del millo [*Chilo partellus* Swinhoe (Lepidoptera, Pyralidae)], y los agricultores estimaban las pérdidas causadas en las cosechas de millo en un 15% (equivalente a unas 400.000 toneladas de millo), y en algunas zonas con pérdidas de hasta el 45%.

Para entender la solución diseñada para resolver el problema de las plantaciones de Kenia debemos destacar unas premisas previas. El control con insecticidas químicos es caro, tiene problemas medioambientales y para la salud humana, destruye enemigos naturales, origina resistencias, y su utilización no conseguía controlar los daños. Por otra parte, el uso de millo genéticamente modificado (Millo Bt), además de la posible polución ambiental, genera dependencia de los agricultores hacia pocas multinacionales, y los insectos podrían desarrollar resistencia. En muchos países se han establecido zonas buffers de 100 m o incluso más alrededor de los cultivos transgénicos y para evitar la resistencia se recomienda crear áreas ‘refugio’ con plantas no modificadas genéticamente. Pero los pequeños agricultores no tienen capacidad para introducir todas estas medidas

Sin embargo, la estrategia de introducir enemigos naturales como *Cotesia flavipes* Cameron (Hymenoptera, Braconidae) es la que ha dado mejores resultados y ha conseguido reducir las poblaciones del barrenador a la mitad. Se realizaron sueltas masivas y el parasitoide se estableció en Kenia cuatro años después de su liberación. *Cotesia* localiza a sus presas gracias a las sustancias volátiles que liberan las plantas cuando son heridas

por el barrenador, y el éxito alcanzado se debe a un meticuloso equilibrio diseñado para todo el agroecosistema.

La plaga de barrenador del millo tiene un rango de hospederos amplio, pero hay gramíneas que no son atacadas, y además, en el agroecosistema hay otras especies, incluso de interés agrícola, que tampoco son afectadas por este barrenador. La idea básica fue que los mejores hospederos debían liberar volátiles que facilitarían la precolonización e incitaran a las hembras grávidas a depositar en ellos gran cantidad de huevos. Muchos de estos volátiles resultaron comunes a diferentes especies vegetales, incluyendo plantas agrícolas. Mientras que las plantas que no eran atacadas debían, por lo tanto, liberar volátiles que permitieran al lepidóptero identificarlas como ‘no adecuadas’.

Se realizó una búsqueda en la que se identificaron más de treinta plantas cuyo olor atraía a los adultos del barrenador. Posteriormente se invitó a los agricultores a que seleccionaran aquellas que consideraran más adecuadas para su lugar y manejo de acuerdo con su propia experiencia. Eligieron dos gramíneas, el ‘pasto elefante’ (*Pennisetum purpureum* Schumacher) y el ‘pasto del Sudan’ [*Sorghum sudanense* (Piper) Stapf.]. Estas dos plantas producen una sustancia gomosa que atrapa a la plaga y solo sobrevive el 10% de las larvas que se desarrollan sobre ellas. Al mismo tiempo se encontraron otras dos plantas, una gramínea, el ‘pasto melaza’ (*Melinis minutiflora* Beauv.) y una leguminosa, la ‘hoja de plata’ [*Desmodium uncinatum* (Jacq.) DC.] que repelían a la plaga. *Melinis* no solo libera mezclas complejas de sustancias volátiles que repelen al lepidóptero, sino que además, incrementa el parasitismo por *Cotesia sesamiae* (Cameron) (Hymenoptera, Braconidae), ya que sirve de refugio para el parasitoide (en ensayos de campo, la intercalación de ‘pasto melaza’ reduce las pérdidas entre un 4,6% y un 40%).

Otro hecho significativo en el desarrollo de esta estrategia fue que *Desmodium uncinatum* a su vez tiene otras ventajas. Además de repeler al lepidóptero, fija nitrógeno, es una buena planta forrajera, e inhibe el crecimiento de una mala hierba de la familia de las escrofulariáceas [*Striga hermonthica* (Delile) Benth.] que se ha dispersado rápidamente a través de África (Khan *et al.*, 2001). *Striga* es una planta parásita que se alimenta de las raíces del millo y localmente puede llegar a causar la pérdida de la plantación. En total, se calcula que las pérdidas medias en millo causadas por esta planta parásita se sitúan sobre el 15%. En ensayos de campo se ha comprobado que la ‘hoja de plata’ llega a reducir las poblaciones de la planta parásita en un 40%, comparado con las plantaciones de monocultivo.

Con todos estos elementos en juego, se realizaron plantaciones de millo en huertos de 50x50 m, comparando los daños por barrenador con parcelas similares de millo rodeadas de dos filas de *Pennisetum purpureum*. Esta barrera estaba separada aproximadamente un metro del cultivo para evitar

competencia por agua y nutrientes. Los daños en el millo con la barrera fueron estadísticamente menores que en el control sin barrera (16,8 y 27,5% respectivamente). En otras parcelas, además del borde de *Pennisetum purpureum*, se intercaló entre el millo plantas de *Melinis minutiflora*. En este caso la reducción de los daños fue mucho mayor (4,6% frente a un 39,2% en los monocultivos de control). También se ensayó intercalando plantas de la leguminosa *Desmodium uncinatum* entre las filas de millo. Los resultados obtenidos con los ensayos entre 1998 y 1999 fueron alentadores (Tabla 3).

Tabla 3. Porcentaje de daño causado por el barrenador del millo (*Chilo partellus*) en distintas condiciones de cultivo [con planta atrayente (*Pennisetum*) y plantas repelentes (*Desmodium* o *Melinis*)], con datos medios de 10 parcelas [(*) $P < 0,05$; (**) $p < 0,01$]. Adaptada a partir de Hassanali *et al.* (2008).

Año	Localidad	Millo + <i>Pennisetum</i>		Millo + <i>Pennisetum</i> + <i>Desmodium</i>		Millo + <i>Pennisetum</i> + <i>Melinis</i>	
		test	control	test	control	test	control
1998	Tms-Nzoia	8,3	18,8*	4,8	21,2**	6,5	18,9*
	Suba	14,9	25,7*	6,7	29,6**	7,9	22,1**
1999	Tms-Nzoia	11,7	23,1*	9,7	26,5**		
	Suba	18,7	29,3*	13,5	36,6**		

Era necesario conocer exactamente las bases científicas en las que se asentaba el éxito alcanzado, para lo cual se realizó un estudio de los compuestos químicos que entraban en juego en todas estas interacciones, llegándose a conclusiones sorprendentes.

Por un lado, las plantas de *Pennisetum* producían unos compuestos volátiles de seis carbonos, (E)-2-hexanal, (Z)-3-hexen-1-ol y (Z)-3-hexen-1-y un acetato, que también son producidos por otras gramíneas además del millo, que son reconocidos por las hembras del lepidóptero barrenador del millo y le indican donde existen plantas en las que depositar sus huevos. Se comprobó que las cantidades de estos compuestos producidos por *Pennisetum* tenía una variación diaria. En las primeras horas de la noche la cantidad de volátiles liberados por *Pennisetum* era mucho más alta que la producida por el millo, lo que explica porque el ‘pasto de elefante’ resulta mucho más atrayente para las hembras del barrenador que el propio millo. Es a últimas horas del día y primeras de la noche cuando los adultos de la plaga tienen una mayor actividad de vuelo y buscan las plantas donde depositar los huevos. Por lo tanto, en esos momentos *Pennisetum*, con esa mayor producción y liberación de volátiles, se convertía en un lugar más atrayente que el millo para depositar los huevos.

Adicionalmente se produjeron otros beneficios. La siembra de las filas de *Pennisetum* alrededor de los cultivos de millo proporcionó una cantidad de pasto y alimento para el ganado, lo que propicio que en algunos distritos se pudieran criar mayor número de cabezas de ganado (en algunos casos se llegó a multiplicar por 100 el número de vacas), lo que supuso nuevos ingresos y fuentes de alimento para la población local. En aquellas localidades donde se intercalaba la ‘hoja de plata’ en el cultivo de millo (para paliar el problema de la hierba parásita) se generó una nueva fuente de ingresos, ya que esta leguminosa a su vez se convirtió en un cultivo rentable para suministrar semillas a los cultivadores de millo.

La gran ventaja de esta estrategia es el uso de recursos locales, y los propios agricultores pueden manejarla con un mínimo de asesoramiento. Además permite que en cada lugar se adapte a las condiciones locales. En los años 1994-95 se comenzó a investigar este sistema. En 1996-97 había unos 300 agricultores en Uganda y Tanzania que seguían este método, número que pasó a 500 en el 2000 y a 4000 agricultores en el 2005.

Este es un buen ejemplo de como el manejo adecuado del hábitat, usando de forma inteligente distintos elementos, contribuye a mejorar el control de plagas. También muestra la importancia de contar con la colaboración de los agricultores (tanto por sus conocimientos tradicionales del cultivo y sus características en cada zona, como por que serán ellos los implicados directamente en el manejo y mantenimiento de la estrategia) y revela igualmente la necesidad de conocer los aspectos científicos del proceso y de los elementos implicados, para lo cual se requieren investigaciones interdisciplinarias. Los elementos que forman parte de esta estrategia (cultivo, plaga y hábitat) deben adaptarse a cada caso particular (Mathews *et al.*, 2004), y pueden generar beneficios adicionales cuando se hace un diseño adecuado.

El futuro próximo nos dirá si esta concepción de los cultivos como ‘agroecosistemas’ será la forma en que podamos abastecer de alimentos a una población cada vez mayor. En cualquier caso hay algunos hechos sobre los que parece haber cierta unanimidad.

a) El control de plagas con compuestos químicos de síntesis estará muy limitado y dispondremos de ‘pocas’ sustancias activas. Esto puede tener una consecuencia positiva al estimular los estudios sobre el control biológico o de otro tipo.

b) Se estima que la demanda de alimentos a nivel mundial seguirá incrementándose, al menos hasta el 2050. Organizaciones como Convention on Biological Diversity (CBD) tenían el objetivo para el 2010 de que el 30% de las explotaciones agrícolas mundiales se realizaran de forma ‘amigable’ con el medio ambiente. A pesar de los esfuerzos y de que la superficie cultivada como ‘cultivo ecológico o biológico’ se ha ido

incrementando progresivamente, aún estamos lejos de ese objetivo del 30% marcado para el 2010, pero nos acercamos progresivamente.

Hay cierto consenso en el objetivo, una agricultura respetuosa con el medio ambiente, pero la manera de alcanzarlo parece compleja. Hemos comenzado en el control biológico, en una agricultura ‘tradicional’, sin fitosanitarios químicos y hemos vuelto al control biológico en un sentido más amplio, en la forma de agroecosistemas. Afortunadamente, durante este viaje de ida y vuelta al control biológico hemos aprendido mucho, tanto de los aciertos como de los errores. Por lo tanto, podemos decir que en este retorno venimos con algunas cosas más en nuestro equipaje (Mills, 2010).

Desde la perspectiva de considerar al cultivo como un agroecosistema, el control de plagas se basará en métodos biológicos, adaptados a cada caso particular (área geográfica, especie cultivada, plagas existentes, etc.) y en los que tendremos que valorar distintos elementos que podremos emplear y su influencia en las densidades de población de los insectos perjudiciales. El control biológico clásico, como el que se empleó en California en 1888, tendrá un papel importante, pero deberá usarse en combinación con otras herramientas de control, puesto que en el cultivo normalmente tenemos distintas plagas y enfermedades que deben mantenerse por debajo de unos niveles de población determinados. Mantener el suelo equilibrado, ‘vivo’, junto con el uso de variedades adaptadas a cada zona (variedades tradicionales) serán elementos fundamentales

El uso de insecticidas químicos de síntesis difícilmente será compatible con esta nueva forma de entender la agricultura. Tendremos dos tipos: los agroecosistemas y las explotaciones donde se seguirán empleando fitosanitarios químicos. La prevalencia de uno u otro estará en relación directa con nuestra habilidad para diseñar eficaces ‘métodos biológicos de control de plagas’.

Estamos volviendo de ese viaje que había comenzado antes, pero que tuvo un hito histórico en 1888, en California, con la cochinilla de los cítricos y su predador *Rodolia cardinalis*. Después de la experiencia de los insecticidas químicos, volvemos (por convencimiento propio, por obligación derivada de las restricciones impuestas por la Unión Europea o por la demanda creciente de los consumidores de alimentos libres de fitosanitarios químicos) a los métodos de control biológico en los que la manipulación del hábitat será un elemento importante, y la estrategia push-pull sirve de buen ejemplo de como podemos avanzar en este camino.

En cualquier caso, lo descrito hasta aquí, todo el esfuerzo que se realice en el control de plagas, no servirá de nada si no tomamos la medida más elemental, a la vez que la más eficaz, en la lucha contra los organismos perjudiciales para los cultivos: la prevención.

La prevención

Nuestras islas Canarias son un claro ejemplo de lo que puede representar la no aplicación de medidas eficaces que intenten impedir en lo posible la introducción de insectos foráneos, que luego se adaptan a nuestras condiciones, complican extraordinariamente el manejo de los cultivos y causan pérdidas importantes, agravando la ya de por sí difícil situación de nuestra agricultura. Como ejemplos, dentro de una larga lista de plagas y patógenos, podemos citar algunas de las plagas más conocidas, introducidas en Canarias en años más o menos recientes.

- *Frankliniella occidentalis* (Pergandier) (Thysanoptera, Thripidae), es un trips originario del oeste de Estados Unidos. Se introdujo en Canarias en 1987. Este insecto transmite el TSWV (virus del bronceado del tomate) que se detectó en Gran Canaria en 1989 en tomates, pimientos y lechugas.

- *Liriomyza huidobrensis* Blanchard (Diptera, Agromyzidae), es un minador originario de América del Sur. Se detectó en Canarias en 1994 sobre crisantemos y lechugas.

- *Phyllocnistis citrella* Staiton (Lepidoptera, Gracillariidae), conocido como minador de los cítricos (Fig. 1), llegó a Canarias en el verano de 1995 (Vercher *et al.*, 2000).



Fig. 1. Hoja de cítrico atacada por *Phyllocnistis citrella*. Los adultos de este lepidóptero son unas pequeñas mariposas de unos 4 mm de longitud, pero los daños en los cultivos los producen sus larvas que penetran en sus hojas y realizan galerías dentro de ellas.



Fig. 2. *Cosmopolites sordidus* es un escarabajo de 8-12 mm de largo de color uniformemente negro, que se ha extendido por todo el globo como plaga de las plataneras. Las galerías que excavan las larvas recorren el rizoma y el pseudotallo dañan los tejidos próximos a las raíces laterales, interrumpiendo el flujo de savia.

- *Cosmopolites sordidus* Germar (Coleoptera, Dryophthoridae), conocido como ‘picudo negro de la platanera’ (Fig. 2), fue citado en Canarias hacia 1959-60. Al parecer fue erradicado en aquel momento pero a partir de los años 80 se convirtió en una plaga importante en las plataneras de Canarias, sobre todo en Tenerife, La Gomera y La Palma.

- *Diocalandra frumenti* (Fabricius) (Coleoptera, Curculionidae), detectado en marzo de 1998 en ejemplares de palmera canaria en Maspalomas (González Núñez *et al.*, 2002).

- *Rhynchophorus ferrugineus* Olivier (Coleoptera, Dryophthoridae), es un escarabajo conocido como ‘picudo rojo de las palmeras’ (Fig. 3), detectado por primera vez en 2005 en Fuerteventura y Gran Canaria. Su introducción con palmeras importadas supone un gran riesgo para la palmera canaria.

- *Tecia solanivora* Povolny (Lepidoptera, Gelechiidae), es una de las polillas de la papa (‘polilla guatemalteca’). Se detectó en Canarias, al norte de Tenerife, en 1999 y causa estragos en el sector de las papas de color de las islas (Fig. 4).



Fig. 3. Palmera canaria atacada por picudo rojo (*Rhynchophorus ferrugineus*) en Madeira. El picudo rojo es un coleóptero de gran tamaño (2-5 cm) de color rojizo ferruginoso, cuya larva perfora galerías de más de un metro de longitud en los troncos de las palmeras, produciendo marchitamiento e incluso la muerte.

- *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera, Gelechiidae), se detectó a principios de 2009 en Canarias, convirtiéndose en una grave amenaza para el cultivo del tomate (Santos & Perera, 2010).

- *Trioza erytreae* (Del Guercio) (Homoptera, Psyllidae), todo indica que llegó a Canarias procedente de Madeira. En el año 2002 se detectó en Tenerife, La Gomera, La Palma y El Hierro. Es una plaga grave de los cítricos, y su peligrosidad aumenta al ser un insecto vector de un patógeno

(*Candidatus liberibacter*) que causa una enfermedad de los cítricos denominada ‘Huanglongbing’ o ‘Citrus greening’, para la cual no hay tratamiento. Afortunadamente, este patógeno aún no se ha detectado en el archipiélago, pero ya tenemos a su insecto vector instalado en las islas (Fig. 5).

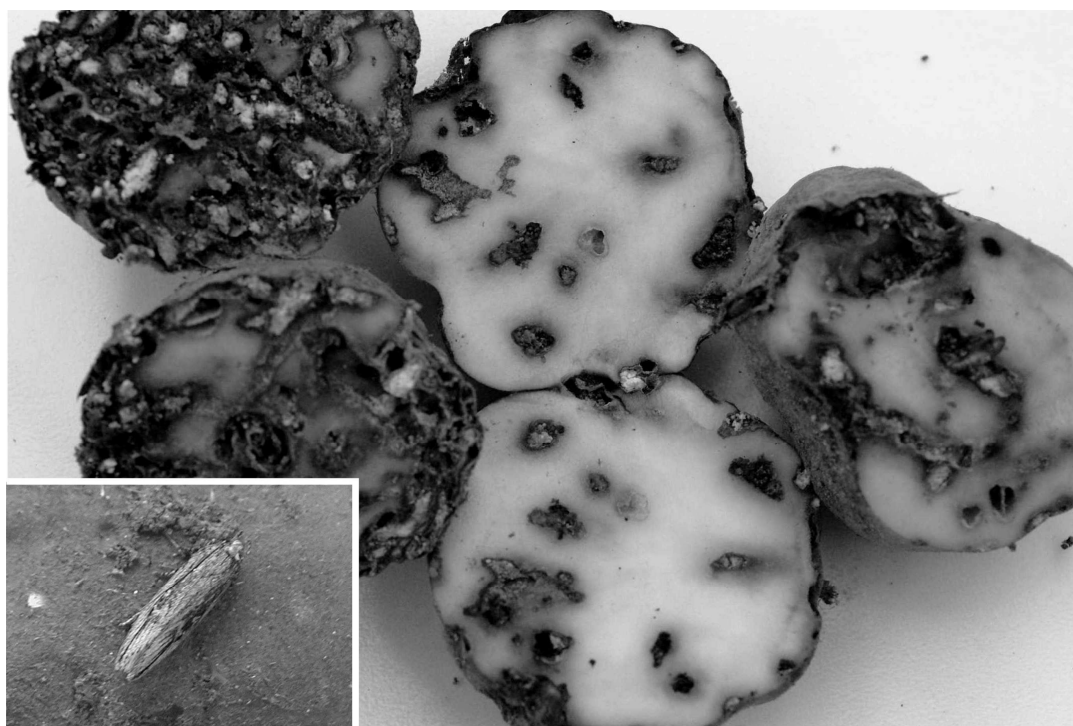


Fig. 4. La polilla guatemalteca *Tecia solanivora* (adulto en el recuadro inferior) causa graves daños en las papas, ya que las larvas penetran y se desarrollan en el interior de los tubérculos.

Esta lista es mucho más extensa, y no hemos incluido a los virus, hongos, fitoplasmas, bacterias y nematodos, pero es suficiente para hacernos una idea de lo que significa un control fitopatológico ineficiente en frontera (puertos y aeropuertos). Los recursos materiales y humanos que en Canarias son dedicados por el estado español a esta tarea son claramente insuficientes (en los últimos años ha sido frecuente ver en los medios de comunicación a representantes de distintos sectores reclamando la instalación de un escaner en el puerto de Santa Cruz de Tenerife para mejorar la inspección de los contenedores de mercancías). Las autoridades correspondientes deben valorar el coste que supone este tipo de inversiones frente a las elevadas pérdidas que origina el no realizarlas. En mi opinión, la respuesta es muy clara. Solo con las pérdidas que ha ocasionado una sola de estas plagas introducidas, por ejemplo las de la polilla guatemalteca en los cultivos de papas, se hubiesen financiado muchos escáneres de este tipo.



Fig. 5. Las hojas de cítricos atacadas por *Trioza erythrae* presentan agallas provocadas por las ninfas que hace que las hojas tomen un aspecto retorcido. Los adultos tienen aspecto de pulgón y son muy frágiles.

A pesar de que se han introducido ya muchas, existen otras muchas plagas y enfermedades que aún no han arribado a estas islas. Es necesario mantener una estricta vigilancia en la importación de materiales vegetales, bien sea los destinados a los mercados insulares, como aquellos que pueden traer los viajeros en sus maletas cuando regresan de viajes a otras zonas o países.

Por citar algunas plagas conocidas por la mayoría de los agricultores, al menos de oídas, podemos comentar la filoxera de la vid (*Viteus vitifoliae* Fitch.; Homoptera, Phylloxeridae) (Fig. 6) y el escarabajo de la papa (*Leptinotarsa decemlineata* Say; Coleoptera, Chrysomelidae) (Fig. 7), ausentes hasta la fecha de nuestras islas. Con respecto al escarabajo de la papa o dorífora, ya en 1946 el entomólogo José María Fernández, en un artículo publicado en la revista *Graellsia*, acerca de ‘los escarabajos viajeros’, y más concretamente de la dispersión en España de esta plaga, a la que él llamaba ‘gángster patatero’ escribía:

“Y pare usted de contar, pues ni se nos ocurre hacerle una descripción de estas Islas Afortunadas, con sus varias cosechas anuales de ‘*Solanum tuberosum* L.’, estamos viendo a la Dorífora procurando entrar de contrabando en alguna motora de la

Transmediterránea, o, para llegar más pronto, colarse de ‘estraperlo’ en un avión de Iberia, descendiendo en Los Rodeos para empezar sus correrías por los patatares más próximos” (Fernández, 1946).



Fig. 6. La filoxera de la vid ataca a las raíces provocando la destrucción de las cepas europeas. En las variedades americanas el síntoma más llamativo es la formación de agallas que causan distorsión y necrosis en las hojas y defoliación prematura. Se trata de una plaga ampliamente extendida que afortunadamente está ausente en Canarias.

Y algunas otras menos conocidas como *Bactrocera invadens* (Drew *et al.*; Diptera, Tephritidae), una de las numerosas especies que en conjunto se denominan ‘mosca de la fruta’ (Fig. 8). Esta última especie requiere unos comentarios adicionales, puesto que su potencial dañino es especialmente relevante para nosotros.

Este insecto se introdujo en Kenia por el año 2000, al parecer proveniente de Sri Lanka. En tan solo diez años se ha extendido por toda la región subsahariana llegando hasta Sudáfrica y por el oeste hasta Senegal, Cabo Verde y Mauritania. Se trata de una plaga cuyo hospedero principal son los mangos, donde está produciendo pérdidas en torno al 50% de las cosechas en estos países africanos. Pero además, este insecto es capaz de atacar a numerosas especies de frutales, incluyendo un cultivo muy especial para Canarias como es el plátano. En Cabo Verde se pueden observar como las plantaciones de plátano resultan atacadas por esta mosca, que deposita sus huevos en los plátanos aún cuando están verdes. El resultado es que las piñas afectadas resultan destruidas y pierden todo su valor comercial. Cabe

imaginar los perjuicios que podría causar en Canarias solo sobre este cultivo.



Fig. 7. Escarabajo de la papa o dorífora, *Leptinotarsa decemlineata* (adulto arriba y larva abajo) es un crisomélido de unos 10 mm de largo y de amplia distribución mundial. Es una plaga asociada a los cultivos y lugares de almacenamiento de los tubérculos, que hasta el presente está ausente en Canarias.

La European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO) ha hecho un análisis de riesgo de la posible dispersión de este insecto, y los archipiélagos macaronésicos están en la zona en la que potencialmente puede dispersarse y adaptarse. También entra en esa zona de dispersión y establecimiento potencial casi toda la cuenca mediterránea, por lo que está declarada como plaga cuarentenaria. Un mango infectado con *Bactrocera invadens* que llegue a Canarias en una maleta podría ser la vía de entrada de esta plaga en nuestro archipiélago. Si las larvas viajan en su interior, consiguen desarrollarse y emergen los adultos, podrían infectar frutos que se encuentren en las proximidades. Cuando detectemos la presencia de la plaga, ya será prácticamente imposible erradicarla. No se trata de una suposición arriesgada; la introducción de *Tecia solanivora* en Tenerife fue de forma similar. Por este motivo muchos países imponen severas restricciones a la entrada de productos vegetales en los equipajes de los viajeros

La presencia de este insecto en Canarias haría que las frutas (incluido el plátano) quedaran reguladas por las normas de cuarentena y su exportación a Europa sería muy difícil, o incluso totalmente imposible. Por lo tanto, la medida más elemental, a la vez que la más eficaz y barata, en la lucha contra las plagas y que debemos adoptar en primer lugar es la prevención, el control fitopatológico en fronteras, tanto de mercancías como de pasajeros.

Aunque tengamos un agroecosistema en equilibrio, diversificado, con un control natural de las poblaciones de insectos presentes en ese cultivo, la entrada de una nueva plaga puede suponer un desequilibrio tan grande que ese agroecosistema deje de estar regulado y las plagas se desarrollen hasta niveles intolerables, haciendo inútiles todos los esfuerzos por llegar a una agricultura sostenible y respetuosa con el medio ambiente, a la vez que rentable, y que permita cubrir las necesidades de una población cada vez mas numerosa.

Como resumen de esta conferencia podemos señalar:

- El control biológico ‘clásico’ se inició en 1888 en California con tanto éxito que marcó un hito histórico en el control de plagas agrícolas.
- El desarrollo de insecticidas químicos en la década de 1940, fáciles de producir y aplicar, con una eficacia aparentemente alta para el control de plagas, hizo que el control biológico quedara relegado a un segundo plano.
- Los problemas de resistencia, medioambientales y de salud humana hicieron que se replanteara el uso de estos productos químicos. Cada vez se retiran más del mercado y se autorizan menos. Por lo tanto, es imperativa la búsqueda de nuevos métodos de control.
- Dentro de estos métodos, el control biológico se ve como una pieza fundamental del nuevo concepto de agroecosistema.

- El concepto de plaga agrícola se entiende cada vez más como un desequilibrio del ecosistema particular que es la explotación agrícola. Para realizar un buen control de plagas (y enfermedades) sin fitosanitarios tenemos que conocer el cultivo y las relaciones que se establecen entre el cultivo, las variables abióticas y bióticas. Tenemos que ver al cultivo como un ecosistema particular, donde el control de plagas debe hacerse con métodos ecológicos.

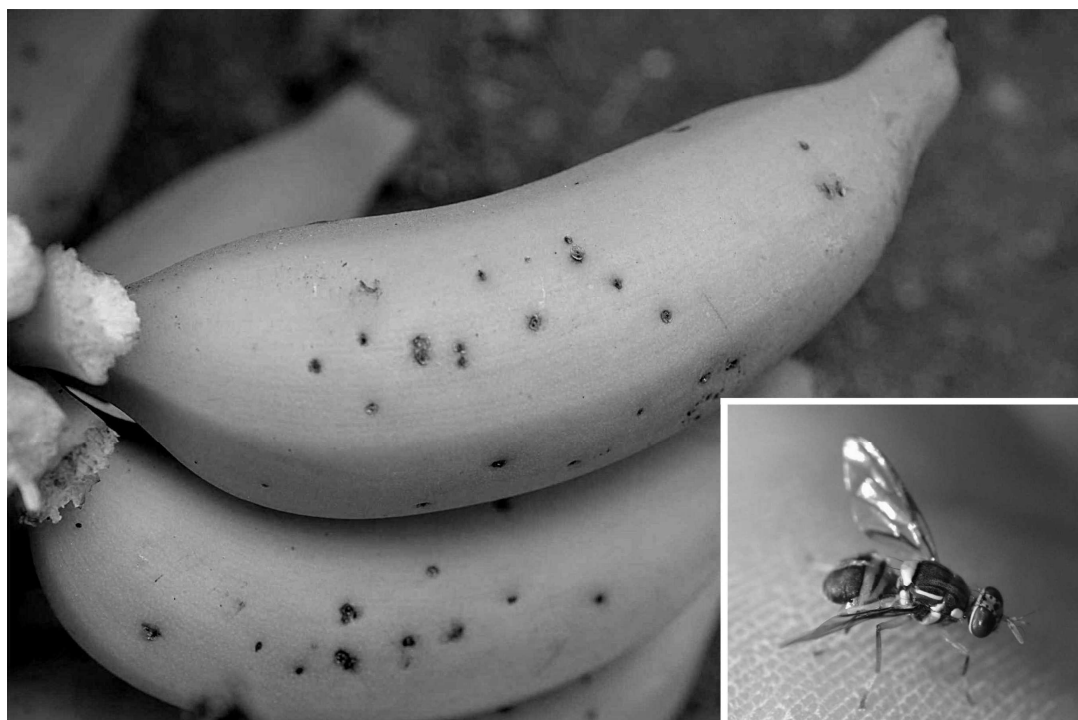


Fig. 8. *Bactrocera invadens* es una de las numerosas especies conocidas como 'mosca de la fruta' (recuadro inferior) y con un elevado potencial dañino para los cultivos canarios. Es una plaga principalmente de los mangos, pero este insecto es capaz de atacar a numerosas especies de frutales, incluyendo los plátanos. Las moscas depositan sus huevos en los plátanos cuando están verdes. Su introducción en Canarias impediría la comercialización en el exterior de estas frutas y supondría una catástrofe para la agricultura canaria.

A pesar de este viaje de ida y vuelta, no estamos como al principio. Hemos adquirido muchos conocimientos que nos permiten incorporar nuevas herramientas que ayuden a que ese control biológico/ecológico sea más eficaz. No obstante, todas las consideraciones anteriores serán muy difíciles de desarrollar si no se establece un eficaz sistema de prevención. El control fitopatológico en fronteras es fundamental para evitar que entren plagas en una región, y por lo tanto, es la primera medida que debemos adoptar. Por lo tanto, sean ustedes felices, disfruten de sus viajes y vacaciones, pero no traigan mangos (ni cualquier otro material vegetal) en

sus maletas cuando regresen a Canarias, ni cuando vayan desde Canarias a otras regiones, puesto que junto con la alegría de viajar, pueden estar transportando un grave enemigo de los cultivos en sus maletas, además de arriesgarse a sufrir severas multas dependiendo del país que visiten.

Bibliografía

- BLUÜMEL, S., G.A. MATTHEWS, A. GRINSTEIN & Y. ELAD (2002). Pesticides in ipm: selectivity, side-effects, application and resistance problems. In: *Integrated Pest and Disease Management in Greenhouse Crops*: Vol. 14: *Developments in Plant Pathology*. Kluwer Academic Publishers, New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow.
- DELFOSE, E.S. (2005). Risk and ethics in biological control. *Biological Control* 35: 319-329.
- FERNÁNDEZ LÓPEZ, J.M. (1946). Coleópteros viajeros. *Graellsia (Madrid)* 4: 73-77.
- FRANK, S.D. (2010). Biological control of arthropod pests using banker plant systems: Past progress and future directions. *Biological Control* 52: 8-16.
- GEORGHIOU, G.P. (1990). Overview of insecticide resistance. In: M.B. Green, H.M. LeBaron & W.K. Moberg (eds.), *Managing resistance to agrochemical from fundamental research to practical strategies*. pp 18-41. American Chemical Society Series. 421, Washington
- GIMÉNEZ, C., R. CABRERA, M. REINA & A. GONZÁLEZ-COLOMA (2007). Fungal endophytes and their role in plant protection. *Current Organic Chemistry* 11: 707-720.
- GOHOLE, L.S, W.A. OVERHOLT, Z.R. KHAN, J.A. PICKETT & L.E.M. VET (2003). Effects of molasses grass, *Melinis minutiflora* volatiles on the foraging behavior of the cereal stemborer parasitoid, *Cotesia sesamiae*. *Journal of Chemical Ecology* 29: 731-745.
- GONZÁLEZ NÚÑEZ, M., A. JIMÉNEZ ÁLVAREZ, F. SALOMONE, A. CARNERO, P. DEL ESTAL (2002). *Diocalandra frumenti* (Fabricius) (Coleoptera: Curculionidae), nueva plaga de palmeras introducida en Gran Canaria. Primeros estudios de su biología y cría en laboratorio. *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas* 28: 347-355.
- HASSANALI, A., H. HERREN, Z.R. KHAN, J.A. PICKETT & C.M. WOODCOCK (2008). Integrated pest management: the push-pull approach for other agricultural systems including animal husbandry controlling insect pests and weeds of cereals, and its potential. *Phil. Trans. R. Soc. B*: 363: 611-621.
- HODDLE, M.S. (2002). Classical Biological Control of Arthropods in the 21st Century. In: Van Driesche, R.G. (ed.). *Proceedings of the First*

- International Symposium on Biological Control of Arthropods*, Honolulu, HI, USA, January 14-18, 2002. USDA Forest Service, Morgantown, WVA, USA.
- KHAN, Z.R., A. HASSANALI, T.M. KHAMIS, J.A. PICKETT & L.J. WADHAMS (2001). Mechanisms of *Striga hermonthica* suppression by *Desmodium* spp. *Proceedings of the BCPC Conference – Weeds 2001, Brighton, UK, 12-15 November*. pp. 895-900.
- KHAN, Z.R., C.A.O. MIDEGA, D.M. AMUDAVI, A. HASSANALI & J.A. PICKETT. (2008). On-farm evaluation of the 'push-pull' technology for the control of stemborers and striga weed on maize in western Kenya. *Field Crops Research* 106: 224-233.
- KHAN, Z.R. & J.A. PICKETT (2004). The 'push-pull' strategy for stemborer management: a case study in exploiting biodiversity and chemical ecology. In: Gurr, G., S. Wratten & M. Altieri (eds.), *Ecological Engineering for Pest Management: Advances in Habitat Manipulation for Arthropods*, pp. 155-164. CSIRO Publishing, Australia.
- KHAN, Z.R., J.A. PICKETT, L. WADHAMS & F. MUYEKHO (2001). Habitat management strategies for the control of cereal stemborers and striga in maize in Kenya. *Insect Science and its application* 21: 375-380.
- KIMANI, S.M., S.C. CHHABRA, W. LWANDE, Z.R. KHAN, A. HASSANALI & J.A. PICKETT (2000). Airborne volatiles from *Melinis minutiflora* P. Beauv., a non-host plant of the spotted stem borer. *Journal of Essential Oil Research* 12: 221-224.
- KNECHTA, R.J., M.S. ENGELB & J.S. BENNERA (2011). Late Carboniferous paleoichnology reveals the oldest full-body impression of a flying insect. *PNAS* 108(16): 6515-6519.
- LEACH, A.W. & J.D. MUMFORD (2008). Pesticide environmental accounting: A method for assessing the external costs of individual pesticide applications. *Environmental Pollution* 151: 139-147.
- LEACH, A.W. & J.D. MUMFORD (2011). Pesticide environmental accounting: A decision-making tool estimating external costs of pesticides. *Journal of Consumer Protection and Food Safety* 6: 21-26.
- LOZAN, A., I. MICHAEL, T. MONAGHAN, K. SPITZER, J. JAROŠ, M. ŽUROVCOVÁ & V. BROŽ (2008). DNA-based confirmation that the parasitic wasp *Cotesia glomerata* (Braconidae, Hymenoptera) is a new threat to endemic butterflies of the Canary Islands. *Conservation Genetics* 9: 1431-1437.
- MATHEWS, C.R., D.G. BOTTRELL & M.W. BROWN (2004). Habitat manipulation of the apple orchard floor to increase ground-dwelling predators and predation of *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae). *Biological Control* 30: 265-273.

- MEN, X.Y, G. FENG, E.N. YARDIM & M.N. PARAJULEE (2004). Evaluation of winter wheat as a potential relay crop for enhancing biological control of cotton aphids in seedling cotton. *BioControl* 49: 701-714.
- MILLS, N.J. & J.M. KEAN (2010). Behavioural studies, molecular approaches, and modeling: Methodological contributions to biological control success. *Biological Control* 52: 255-262.
- MUMFORD, J.D. & G.A. NORTON (1984). Economics of decision making in pest management. *Annual Review of Entomology* 29: 157-174.
- NGUMBI, N., A.J. NGI-SONG, E.N.M. NJAGI, R. TORTO, L.J. WADHAMS, M.A. BIRKETT, J.A. PICKETT, W.A. OVERHOLT & B. TORTO (2005). Responses of the stem borer larval endoparasitoid *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae) to plant derived synomones: laboratory and field cage experiments. *Biocontrol Science and Technology* 15: 271-279.
- PIMENTEL, D. (1985). Pests and their control. In Mandava, N.B. (ed.), *CRC handbook of natural pesticides, 1. methods*. CRC Press. Boca Raton, (USA).
- SANTOS, B. & S. PERERA (2010). Medidas de control de la polilla del tomate (*Tuta absoluta*). *Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural del Cabildo Insular de Tenerife. Serie: Divulgación Técnica*.
- SMITH, H.S. (1919). On some phases of insect control by the biological method. *Journal of Economic Entomology* 12: 288-292.
- VERCHER, R., F. GARCÍA MARÍ, J. COSTA COMELLES, C. MARZAL & C. GRANDA (2000). Importación y establecimiento de parásitos del minador de hojas de cítricos *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae). *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas* 26: 577-591.
- ZUMBADO, M., M. GOETHALS, E.E. ÁLVAREZ, O.P. LUZARDO, L. SERRA, F. CABRERA & L. DOMÍNGUEZ-BOADA (2004). Exposición inadvertida a plaguicidas organoclorados (DDT y DDE) en la población de las Islas Canarias. *Ecosistemas* 13: 51-58.