



**RED POR UNA AMERICA LATINA
LIBRE DE TRANSGENICOS**

BOLETÍN N° 725

SON SORPRENDENTES LOS RESULTADOS DEL CONTROL DE PLAGAS Y CONTROL DE MAEZAS CON PLANTAS TRANSGÉNICAS?

Thomas Bøhn y Gabor Lövei del Centro de Bioseguridad –GenØk en Noruega y GenØk-Centre for Biosafety, Tromsø, Noruega y del Departamento de Agroecología de la Universidad de Aarhus en Dinamarca y el Instituto de Ecología Aplicada de China, acaban de publicar una revisión sobre los resultados de la aplicación de la tecnología transgénicas en el control de plagas y malezas.

Los autores parten por admitir que la agricultura forma parte de los ecosistemas, y que los cultivos interactúan de maneras muy complejas con su medio circundante, con el suelo, los hábitats acuáticos.

El reconocimiento de esta complejidad debe limitar las soluciones reduccionistas a los problemas agronómicos. Los autores sostienen que las prácticas agrícolas que carecen de una comprensión ecológica evolutiva resultan en “sorpresas”, como es la evolución de la resistencia, tanto en las malezas como en los insectos plaga, lo que produce un mayor uso de plaguicidas tóxicos, por lo que recomiendan que se priorice la investigación que contrarreste las tendencias de los enfoques reduccionistas.

Aunque los transgénicos pueden ser beneficiosos a corto plazo, su costo ambiental, social y económicos a mediano y largo plazo son muy altos. Dichos costos incluyen la pérdida de biodiversidad, los servicios del ecosistema, la productividad del suelo a largo plazo, la contaminación y la reducción de la calidad de los alimentos.

Para entender lo que ha significado la transgénesis en la agricultura, lo hacen a través de tres estudios de caso. En este boletín se presenta cómo ha emergido de manera muy rápida la resistencia en contra de los cultivos Bt en África.

Al momento, los cultivos transgénicos están restringidas de manera abrumadora a cuatro especies y dos tipos de modificaciones genética. Las cuatro especies son soja, maíz, colza y algodón. La mayoría de estos cultivos (excepto el algodón) se cultivan en granjas de estilo industrial a gran escala, principalmente en América del Norte y del Sur. Las dos modificaciones dominantes: la tolerancia a los herbicidas y la resistencia a los insectos, pueden hacer que los cultivos sean tolerantes a algunos herbicidas seleccionados o que sean tóxicos para ciertos grupos específicos de insectos herbívoros. La mayor parte de la colza o la soja transgénica son resistentes a herbicidas, mientras que el maíz y el algodón transgénico son en su mayoría resistentes a insectos. Un número creciente de cultivares transgénicos están "apilados" y / o "piramidales", es decir, contienen ambos tipos de modificaciones y varios constructos.



Las plantas transgénicas con resistencia a herbicidas, abren una ventana, que antes antes era estrecha, cuando los herbicidas podían pulverizarse en los campos de cultivo sin riesgo para el cultivo en sí mismo. Los agricultores que siembran cultivos de resistentes a herbicidas, pueden usarlos, incluso en concentraciones más altas que antes, sin dañar su cultivo. Como resultado, la participación global de los pocos herbicidas que se pueden utilizar en dichos cultivos transgénicos ha aumentado dramáticamente. La aplicación comercialmente más exitosa está vinculada a herbicidas que tienen al glifosato como ingrediente activo (productos Roundup), cuyo uso solo en Estados Unidos, aumentó de 3,6 millones de kg en 1987 a 108 millones de kg en 2014.

Para que las plantas cultivadas sea hagan tóxicas para los herbívoros, el método más comúnmente utilizado es la inserción de genes de toxinas activados de la bacteria *Bacillus thuringiensis* que vive en el suelo. Se han aislado, caracterizado, manipulado numerosas cepas de esta bacteria para ser insertadas en una variedad de cultivo, pero la mayoría de las plantas transgénicas resistentes a insectos que se cultivan en el campo son maíz y algodón. En el caso del maíz, el objetivo era defender la planta del ataque de dos plagas que son importantes en los Estados Unidos: el barrenador del maíz europeo no nativo y un escarabajo nativo, el gusano de la raíz del maíz. En el caso del algodón, la plaga principal fue el algodoncillo, una plaga importante en Eurasia, África y América. La presencia de la toxina bacteriana en la planta la defiende del daño de estas plagas. Después de la introducción de las plantas Bt, se observó una reducción en la cantidad de insecticidas pulverizados, especialmente en el algodón, la planta de cultivo tratada con insecticida más intensamente en el mundo.

Las plantas transgénicas representan una trayectoria importante de la agricultura moderna, con un fuerte enfoque en el control de malezas e insectos. Además, en las plantas transgénicas, ya sea resistentes a herbicidas o a insectos, permiten nuevas formas de usar pesticidas en la agricultura. Esto tiene importantes consecuencias prácticas, ecológicas y evolutivas, si se compara con otras prácticas agrícolas.

Hay otro cambio que está teniendo lugar, de manera rápida, con los cultivos transgénicos. En 1996, que fue el año en el que se sembró por primera vez semillas transgénicas, los cultivos transgénicos expresaban predominantemente un solo transgén, de origen bacteriano; ya sea la toxina cry1Ab (insecticida) o el gen CP4 EPSPS que otorga a las plantas resistencia a herbicidas. Veinte años más tarde, hay un incremento de cultivos que expresan hasta seis diferentes toxinas Bt y 3 rasgos transgénicos de resistencia a herbicidas. Se puede esperar que un solo cultivo transgénicos podría expresar hasta 14 distintos rasgos. La pregunta es ¿cuáles son las fuerzas que están detrás de este apilamiento de genes?.

Para poder pronosticar las consecuencias ambientales de estos cultivos transgénicos en el campo, es importante señalar que un gen sólo no explica cómo va a ser la interacción gen-organismo-ambiente, lo que es crucial para entender los sistemas biológicos. Si ignoramos las dinámicas respuestas de la naturaleza, se pueden esperar “sorpresas” y fallas. Al contrario, si se usa teorías ecológicas y evolutivas, podremos identificar, y posiblemente prevenir efectos adversos.

En la agricultura moderna de carácter industrial, los pesticidas son parte integral, y casi inevitable. Su dominancia empezó después de la segunda guerra mundial, y los problemas empezaron a evidenciarse en la década de 1960, cuando Rachel Carson publicó su “Primavera Silenciosa”. Desde entonces, hay un reconocimiento cada vez mayor de los efectos negativos de los pesticidas y se han dictado normas cada vez más estrictas sobre su uso. Por eso un documento reciente de las Naciones Unidas recomienda 1) reducir, monitorear y regular de manera estricta el uso de pesticidas. 2) adoptar las alternativas agroecológicas.

Los autores de este artículo ilustran las dinámicas ecológicas/evolutivas de los cultivos transgénicos, a través de tres estudios de caso.

Caso 1. La evolución de la resistencia de la plaga *Busseola fusca* a la toxina Cry1Ab en Sudáfrica



Hay varias plagas de insectos que se alimentan en los monocultivos de maíz, y han sido controladas con pesticidas convencionales, y esa fue la principal motivación para desarrollar transgénicos que expresen toxinas insecticidas, ofreciendo un instrumento potencial de control a estas plagas. En Sudáfrica, la estrategia se centró en el control de las larvas del lepidóptero *Busseola fusca*, una plaga del maíz. En un inicio, se logró controlar esta plaga de manera exitosa con maíces transgénicos que expresan la toxina Cry1Ab-toxin (MON810). Esto ocurrió entre 1998 y por un período de seis años.

En el período de siembra 2004/5, se tienen los primeros reportes de larvas de *B. fusca* alimentándose en plantas de maíz MON810; es decir, el insecto se había hecho resistente a la toxina transgénica. En el año 2010, esta plaga se había hecho resistente al maíz transgénico, en casi toda el área sembrada en el país. La respuesta de los agricultores fue retomar la aplicación de insecticidas, que es lo que se quería evitar con la introducción del maíz transgénico.

La evolución de resistencia de *B. fusca* a la toxina Cry1A en África del Sur produjo el reemplazo del maíz MON810, que expresa una sola toxina Bt, con maíces con genes apilados. Se introdujo el maíz MON89034 que expresa dos toxinas: Cry1A.105 y Cry2Ab2. Debido al desarrollo de resistencia en las plagas que se querían controlar, se introdujo nuevos maíces con genes apilados, que contenían dos toxinas en la misma planta, lo que pasó antes con los plaguicidas, cuando se tuvo que aplicar en el campo un cóctel de plaguicidas para “manejar” la resistencia de las plagas a esos venenos. Pero esto no puede ser una solución sustentable, porque lo único que hace es agravar el problema.

Caso de estudio 2. Reemplazo de plagas en el algodón transgénico en la China

China se encuentra entre los mayores productores de algodón del mundo. En cinco de las seis principales regiones productoras, los pequeños lo cultivan como cultivo comercial.

Antes de 1997, el uso de pesticidas para controlar plagas de insectos, el gusano de la cápsula del algodón *H. armigera* era muy alto e incluía 14-28 tratamientos por temporada. La resistencia de esta plaga a los venenos fue generalizada, y hubo un aumento en la frecuencia de las pulverizaciones, pero que tampoco proporcionó una solución duradera.

En 1996 el gobierno de China decidió aprobar la introducción del algodón Bt, lo que dio lugar a una rápida utilización de la tecnología y mejoró considerablemente las condiciones de los agricultores, pues se redujo el uso de plaguicidas y la incidencia de la plaga.

Si las cosas hubiera terminado aquí, habría sido una historia de éxito del algodón Bt. Sin embargo, debido a las ecológicas, la historia completa fue diferente. A medida que disminuían las poblaciones de *H. armigera*, estuvieron disponibles nuevos nichos para los insectos menos susceptibles a las toxinas Bt. Es así como aumentaron las poblaciones de un grupo secundario de plagas, miricós (Miridae, Heteroptera) y se convirtió en una plaga importante para el algodón, y se tuvo que aplicar de nuevo insecticidas.

El estudio de caso 2 ilustra cómo el enfoque de controlar una sola especie puede ser contraproducente pues se ignora la complejidad ecológica. Los cultivos generalmente hay numerosas poblaciones de plagas, y otras que potencialmente pueden convertirse en plagas. En un contexto de monocultivo, si la dinámica de poblaciones cambia y disminuye las poblaciones de los insectos que actúan como plagas, irremediablemente las poblaciones potenciales, se convierten en plagas.

Estudio de caso 3. Efectos del uso de herbicidas en la mariposa monarca y el paisaje, América del Norte

Una de las migraciones de insectos más fascinantes la realiza la mariposa monarca norteamericana, que migra de su área de distribución veraniega, cubriendo gran parte de Estados Unidos al invierno en una



pequeña parte del centro de México, en masas espectaculares. Por esta razón, así como por su espectacular coloración, el monarca se ha convertido en un símbolo de belleza y libertad, uno de los íconos de la conservación de América del Norte.

Las larvas de monarca se alimentan de algodoncillo, una hierba común, especialmente en los campos de maíz y soja. En 1999, un artículo en Nature informó que las larvas de la mariposa monarca sufrieron una alta mortalidad en ensayos de laboratorio donde se alimentaban de hojas de algodoncillo espolvoreadas con una alta densidad de polen transgénico de maíz Bt. Este estudio generó discusiones acaloradas, pero también desencadenó un gran proyecto de investigación que examinaba las posibles consecuencias de los cultivos de maíz transgénico presentes en vastas áreas del territorio de la mariposa monarca. La conclusión fue que el riesgo era insignificante, pero se advirtió que era necesario considerar el tema desde una perspectiva más amplia, que incluye el control de malezas y el uso de pesticidas por parte de los agricultores

A mediados de la década de 2010, se hizo evidente que las precauciones estaban justificadas: las densidades de población de la monarca se redujeron drásticamente con una pérdida de aproximadamente 40 millones de mariposas individuales por año (hubo aproximadamente un 9% de disminución por año). Alarmados por estas perspectivas, se han empezado algunas iniciativas transfronterizas (EE. UU., México, Canadá) para conservar la mariposa monarca.

Pero el crecimiento exponencial de plantas transgénicas después de 1996 en los Estados Unidos; de las plantas transgénicas tolerantes al glifosato y aún más de plantas con características "apiladas", (con toxinas Bt y con tolerancia a herbicidas) subió de 10 millones de hectáreas en 2004 a aproximadamente 60 millones de hectáreas en 2015. Las mariposas monarcas, interactuarían, no solo con toxinas Bt y herbicidas, sino también con los efectos indirectos de estos factores a nivel del paisaje, y la disminución de las plantas de las que este insecto se alimenta, por efecto de los herbicidas.

Fuente: Complex Outcomes from Insect and Weed Control with Transgenic Plants: Ecological Surprises?. Thomas Bøhn y Gabor L. Lövei. Front. Environ. Sci., 26 September 2017.