



Importancia del refugio en cultivos genéticamente modificados

Ing. Agr. Diego Szwarz¹
 Dra. Melina Almada²
 Lic. Daniela Vitt²,
¹(EEA INTA Reconquista)
²(CONICET)

Desde el año 1996 la adopción mundial de cultivos genéticamente modificados se ha incrementado unas 80 veces. Actualmente, soja, algodón y maíz corresponden al 99% de todos los cultivos transgénicos del mundo. Argentina es uno de los países en los que la siembra de cultivos genéticamente modificados ha experimentado mayor crecimiento.

El proceso de adopción se inició en el año 1996 con la primera soja tolerante al herbicida glifosato, luego en 1998 se aprobó la comercialización de maíz y algodón Bt, y la aprobación de nuevos eventos ha continuado ininterrumpidamente. En la campaña 2015/16, en el país, se han sembrado 24,5 millones de hectáreas con cultivos genéticamente modificados, el 100% de la superficie de soja y de algodón fue sembrada con estas variedades, mientras que el maíz transgénico representó el 96% del total de ese cultivo (ArgenBIO 24/08/16).

CULTIVOS BT

Los cultivos genéticamente modificados resistentes a insectos representan un nuevo método de control para programas de manejo integrado de plagas (MIP) en diversos agroecosistemas. Estos cultivos se caracterizan por expresar genes de la bacteria *Bacillus thuringiensis* (Bt) que codifican la expresión de proteínas que tienen acción insecticida en contra de algunos insectos, con un modo de acción único y altamente

específico. Causan la muerte del insecto luego de adherirse a un receptor específico en las células intestinales y desencadenar una serie de procesos que terminan provocando la muerte de la plaga. Debido a esta alta especificidad, el desarrollo de un cultivo Bt requiere de un largo estudio previo de búsqueda del gen Bt específico para las especies de insectos que se quieren controlar. Los primeros materiales que se hicieron lugar en el mercado cuentan con una sola toxina y son denominados “evento simple”, tal es el caso del algodón Bt, la soja Bt y los primeros maíces Bt, a este último fueron incorporándose otros eventos simples (es decir, otras toxinas) y luego se combinaron para dar lugar a eventos “piramidados” dobles y triples. También se combinaron los eventos Bt con eventos de resistencia a herbicidas dando lugar a los eventos “apilados” como es el caso del algodón Bt RR, la soja Bt RR y los maíces Bt RR y tolerantes a glufosinato de amonio (Tabla 1).

Esta tecnología, a pesar de las ventajas en reducción en el uso de insecticidas químicos, incremento en los rendimientos, me-

Tabla 1: Eventos con resistencia a insectos aprobados en Argentina (Algodón, Soja y Maíz)

Cultivo	Evento	Característ. introducida*	Año de aprobación	Observaciones
Algodón	MON 531	RI	1998	Bollgard I (Lagarta rosada, complejo capullera, oruga de la hoja)
	MON 531 x MON1445	RI + TH	2009	Incluye los dos anteriores
Soja	MON87701 x MON89788	RI + TH	2012	Intacta (Oruga medidora, oruga de las leguminosas, complejo bolillera, tolerante glifosato)
Maíz	176	RI	1998	Barrenador del tallo e isoca de la espiga
	MON 810	RI	1998	MG (Barrenador del tallo e isoca de la espiga)
	Bt11	RI	2001	TD (Barrenador del tallo e isoca de la espiga)
	TC1507	RI + TH	2005	HX (Gusano cogollero y tolerante a glufosinato de amonio)
	MON810 x NK603	RI + TH	2007	MG RR (Barrenador del tallo e isoca de la espiga, tolerante a glifosato)
	TC 1507 x NK603	RI + TH	2008	HX RR2 (Gusano cogollero y tolerante a glufosinato de amonio y glifosato)
	Bt11 x GA21	RI + TH	2009	TDTG (Barrenador del tallo e isoca de la espiga, tolerante a glifosato)
	MON88017	RI + TH	2010	Resistencia a coleópteros y tolerante a glifosato
	MON 89034	RI	2010	Resistencia a Barrenador del tallo, isoca de la espiga y gusano cogollero
	MON 89034 x MON 88017	RI + TH	2010	VT triple pro (Resistencia a Barrenador del tallo, isoca de la espiga, gusano cogollero, coleópteros y tolerante a glifosato)
	MIR 162	RI	2011	Viptera (Resistencia Barrenador del tallo, isoca de la espiga y gusano cogollero)
	Bt11 x GA21 x MIR 162	RI + TH	2011	Resistencia Barrenador del tallo, isoca de la espiga y gusano cogollero y tolerancia a glifosato y glufosinato de amonio
	Bt11 x MIR162 x MIR604 x GA21	RI + TH	2012	Resistencia Barrenador del tallo, isoca de la espiga, gusano cogollero, coleópteros y tolerancia a glifosato y glufosinato de amonio
	MON89034 x TC1507 x NK603	RI + TH	2012	Resistencia Barrenador del tallo, isoca de la espiga, gusano cogollero y tolerancia a glifosato y glufosinato de amonio
	TC1507 x MON810 x NK603	RI + TH	2013	Resistencia Barrenador del tallo, isoca de la espiga, gusano cogollero y tolerancia a glifosato y glufosinato de amonio
	Bt11 x MIR162 x TC1507 x GA21	RI + TH	2014	Resistencia Barrenador del tallo, isoca de la espiga, gusano cogollero y tolerancia a glifosato y glufosinato de amonio
TC1507 x MON810 x MIR162 x NK603	RI + TH	2016	Resistencia Barrenador del tallo, isoca de la espiga, gusano cogollero y tolerancia a glifosato y glufosinato de amonio	

*: RI: Resistencia a insectos; TH: Tolerancia a herbicidas.

nor contaminación del ambiente, posee algunas desventajas como ser, efectos en insectos no blanco de control, presión de selección y aparición de resistencia. Este es quizás el tema más preocupante del manejo de los cultivos Bt, ya sea porque significa la vulnerabilidad de la tecnología como también



implica en muchos casos invertir en insecticidas químicos en cultivos Bt, incurriendo en el doble gasto.

La aparición de resistencia es un hecho inevitable, cualquier práctica aplicada de manera constante ejerce presión de selección sobre los individuos, de modo que tarde o temprano la población se adapta a las condiciones imperantes. Es por ello que desde su aprobación se han propuesto medidas para preservar la vida útil de dicha tecnología. De este modo, el objetivo principal es demorar el surgimiento de insectos resistentes, para lo cual se ha diseñado un programa de manejo de la resistencia de los insectos (MRI) basado en múltiples estrategias.

Estrategias de manejo de la resistencia de los insectos:

- Altas dosis de toxina insecticida en los tejidos vegetales, es la expresión de la toxina necesaria para eliminar el 99% de la población.

- Implantación de áreas de refugio, donde la plaga no es expuesta a la toxina insecticida, en donde puede sobrevivir, y aparearse con los individuos sobrevivientes en el cultivo Bt.

- Eventos piramidados que amplían el espectro de control y poseen distintos sitios de acción.

De este modo la resistencia puede ser retardada si: a) los individuos resistentes se aparearan con los insectos susceptibles del área de refugio y b) si los descendientes son eliminados por la dosis de toxina insecticida expresada por la planta Bt. Por lo tanto, si el refugio no está presente, todos los insectos que sobrevivan en el cultivo Bt y alcancen el estado adulto

sólo podrán aparearse entre ellos, transmitiendo la resistencia a sus descendientes y de esta manera se verá incrementada la frecuencia de insectos resistentes en la población

La adopción del refugio ha sido implementada exitosamente en países como Canadá y Estados Unidos, pero su acogimiento ha ido disminuyendo por varias razones con el transcurso del tiempo: dificultades de manejo, menor potencial de rendimiento en materiales no Bt, falta de regulación oficial, entre otras. A nivel mundial se han registrado varios casos de resistencia a cultivos Bt (Tabla 2). En Argentina la adopción de refugios constituye un verdadero problema y ha sido un cuello de botella desde que se ha implementado la tecnología Bt. A raíz de esto hoy en día se conocen dos casos de resistencia en Maíz, el “barrenador del tallo” *Diatraea saccharalis* y el “gusano cogollero” *Spodoptera frugiperda* a los eventos Cry1A.105 y Cry1F respectivamente. Ambos casos se dieron por no haberse cumplido los preceptos del MRI. En cierta forma todos los sectores involucrados son responsables, ya sea desde la información correcta y completa que deben brindar las empresas sobre los materiales, ya que con ser Bt no basta, no controlan todas las plagas de los cultivos. El estado, por la falta de regulación en el uso de la tecnología y deficiente investigación relacionada a la misma y por último los productores, por sobreestimar la tecnología y no tomar los recaudos necesarios para retrasar la aparición de resistencia.

Tabla 2: Casos documentados de resistencia a cultivos Bt a nivel mundial

Plaga	Cultivo Bt	Toxina	País
Buseola fusca (Barrenador de maíz)	Maíz	Cry1Ab	Sudafrica
Diabrotica virgifera (Coleóptero de suelo)	Maíz	Cry3Bb	EE.UU.
Helicoverpa zea (Isoca de la espiga/capullera)	Algodón	Cry1Ac	EE. UU.
Pectinophora gossypiella (Lagarda rosada)	Algodon	Cry1Ac	India
Spodoptera frugiperda (Gusano cogollero)	Maíz	Cry1F	Puerto Rico
Spodoptera frugiperda (Gusano cogollero)	Maíz	Cry1F	Brasil

En síntesis, resulta sumamente importante y necesario adoptar las estrategias de manejo de la resistencia de los insectos para obtener cultivos sustentables en el tiempo; como así también continuar las evaluaciones para validar la tecnología junto a los modelos de refugios a utilizar.