



Secretaría
de Agroindustria



Ministerio de Producción y Trabajo
Presidencia de la Nación

Oruga cogollera y refugio de maíz

Balbi, Emilia; Flores, Fernando. INTA EEA Marcos Juárez

balbi.emilia@inta.gob.ar

Palabras clave: Cultivos Bt, maíz, refugio, *S. frugiperda*, rendimiento

Los cultivos transgénicos para el control de lepidópteros se consolidaron en la agricultura argentina como una herramienta valiosa desde hace más de dos décadas. A partir del año 1990, el registro de cultivos transgénicos incorporó como requisito de habilitación para uso comercial un plan de manejo de la resistencia de plagas. En el mundo, la resistencia de plagas ocurrió rápidamente en casos de elevada presión de selección por períodos prolongados en el tiempo. Los lineamientos de la agricultura moderna con alta dependencia de insumos de síntesis química, el monocultivo en grandes áreas y las prácticas de manejo uniformes proveyeron las condiciones adecuadas para que la evolución de la resistencia tenga lugar.

Los cultivos Bt tienen incorporado en su genoma uno o varios genes con propiedades insecticidas extraídos de la bacteria *Bacillus thuringiensis*, que habita en los suelos y es controladora natural de varios insectos. Esos genes incorporados producen proteínas mayoritariamente de dos tipos: proteínas Cry (cristales de proteína), que son las más ampliamente utilizadas, y proteínas Vip (proteínas insecticidas vegetativas) que se han utilizado acrecentadamente en los últimos años en los maíces Bt. Varios de esos eventos transgénicos han sido combinados en los híbridos más modernos. Cuando todos los genes introducidos en la planta expresan actividad insecticida contra la misma plaga blanco el híbrido se denomina “piramidado”. En cambio, cuando los genes no se encuentran relacionados y su objetivo no es la misma plaga blanco se denominan “apilados” (Andow 2008).

El mayor desafío en materia de protección vegetal del cultivo de maíz para la región central argentina se encuentra en el retraso de la aparición de resistencia de cogollero a los distintos eventos que tienen los híbridos comerciales. Un individuo resistente es aquel que puede sobrevivir sobre una planta Bt desde huevo hasta adulto y luego producir descendencia viable.

Un plan de manejo de resistencia busca reducir la presión de selección del cultivo transgénico sobre la plaga blanco. Mientras que para insecticidas de síntesis química existen varios métodos para cumplir este objetivo, como son: tomar decisiones utilizando determinados umbrales de daño, rotación de activos según grupos químicos y modos de acción, garantizar una buena calidad de aplicación, entre otros; para los cultivos transgénicos el manejo de la resistencia se basa en dos pilares: que la planta exprese una alta dosis de la toxina insecticida y la implantación de un refugio con plantas no Bt en tamaño y ubicación adecuados. En Argentina el tamaño del refugio debe ser el 10% de la superficie.

La evolución de la resistencia a campo ocurre cuando la exposición de una población a una determinada toxina Bt incrementa la frecuencia de las variantes genéticas resistentes en las

generaciones siguientes. La relación entre la evolución de la resistencia a campo y los problemas de control de orugas depende de varios factores que incluyen la distribución espacial de la población resistente, la densidad poblacional que alcanza cada plaga en el campo, la magnitud en que la resistencia aumenta la supervivencia de la plaga en el cultivo transgénico y la disponibilidad de tácticas alternativas de control (Tabashnik et al., 2009)

El concepto en el cual se basa la estrategia de aumentar la viabilidad de los maíces Bt utilizando un refugio no Bt es que los pocos individuos resistentes que emergen del cultivo Bt se aparean con los relativamente abundantes individuos susceptibles que emergen del refugio y, considerando que los genes de resistencia son recesivos (no se manifiestan en presencia de un gen dominante), la población resultante de ese cruzamiento muera al consumir el cultivo transgénico, retrasando la evolución de la resistencia (Tabashnik et al., 2013).

A pesar de los avances constantes en ingeniería genética y en el desarrollo de cultivos modificados con fines de protección vegetal, el manejo de la resistencia continúa siendo un aspecto esencial. Los reportes de evolución de resistencia en el mundo van desde los 3 años desde el inicio de la comercialización, como el más prematuro, hasta periodos de uso mayores a 15 años sin reporte de pérdidas de susceptibilidad. Aunque el concepto del refugio es bien conocido desde la aprobación de los cultivos Bt, el cumplimiento es variable entre los productores, ya sea por la mayor complejidad en la logística de siembra, ubicación y cosecha que este acarrea, como también por déficits en la oferta comercial de materiales no Bt. Un aspecto que se suma a esta complejidad es la poca información que existe sobre la pérdida de rendimiento que podemos esperar en el refugio no Bt.

La pérdida de rendimiento que cabe esperar en un refugio va a depender de numerosos factores, muchos de los cuales se encuentran asociados a las condiciones climáticas reinantes como ser: ventana temporal en la cual ubicamos el cultivo, duración del ciclo de vida de la plaga, velocidad de desarrollo del cultivo, estreses que puedan sufrir tanto la plaga como el cultivo, entre otros. En regiones templadas la fecha de siembra condiciona el grado de infestación que pueda lograr cogollero y la evolución posterior del daño. Como fue previamente reportado (Balbi et al., 2018), en la medida en que se atrasa la fecha de siembra el porcentaje de plantas con daño de la plaga aumenta (Gráfico 1).

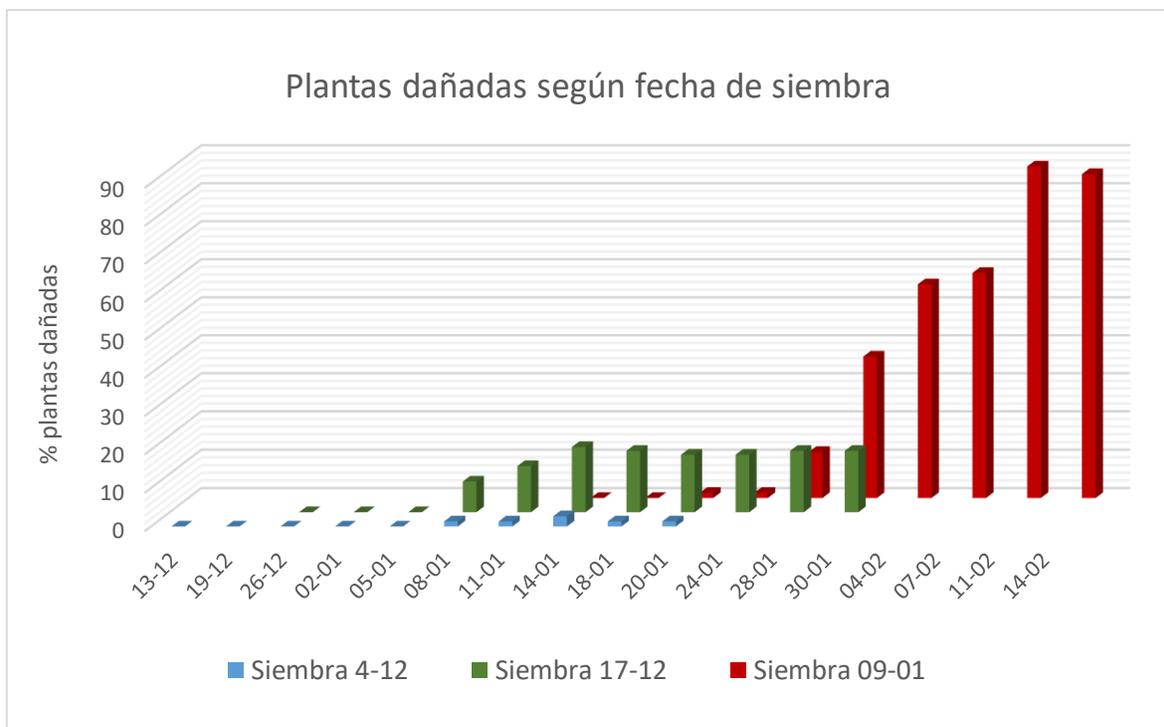


Gráfico 1. Cantidad de plantas de maíz dañadas por cogollero según la fecha en que se sembró el cultivo.

Para la última campaña (2018/19) en siembras de inicios de diciembre (04/12) la plaga no se hizo presente en el campo consumiendo tejido foliar hasta que el cultivo alcanzó el estadio V6, cuando habían transcurrido 35 días desde la siembra. El mayor recuento de plantas con daño de cogollero se dio hacia mediados de enero, con un porcentaje de plantas dañadas del 2,6 % incluyéndose en este cálculo daños de cualquier magnitud.

Cuando el mismo híbrido se sembró luego de mediados de diciembre (17/12), la primera detección de la plaga en el lote se produjo 23 días después de la siembra en el estadio de 4 hojas desplegadas. La fecha de primera detección de la plaga coincidió entre ambos lotes (08/01). En el lote de segunda fecha de siembra (17/12), al momento de detectarse la plaga el recuento de plantas dañadas fue mayor (8% de plantas con daño vs 1,3%), y como puede observarse en el gráfico 1, el porcentaje de plantas con daño alcanzado fue mayor durante todo el ciclo del cultivo. Esto puede estar causado por un sesgo de oviposición en función del estado de desarrollo del cultivo, prefiriendo aquel lote con plantas más jóvenes.

Al realizarse la siembra del maíz el 09/01 en un lote contiguo, transcurrieron apenas 9 días entre la misma y la primera detección del daño, y esto ocurrió en un estado de desarrollo muy temprano del maíz (V2). En la Figura 1 se puede observar que la infestación para esta última fecha de siembra crece más aceleradamente respecto a los lotes con fecha de siembra anteriores ya que para ese entonces la plaga se encuentra bien instalada en estas latitudes. El porcentaje de plantas aumenta llegando a un máximo de 87 % de plantas con daño hacia el 11/02 cuando el cultivo presentó 7 hojas desplegadas.

La experiencia recabada afirma, en concordancia con trabajos anteriores, que la infestación crece más repentinamente cuanto más tarde sembramos, porque la plaga ya se

encuentra en el área central del país y porque las temperaturas son mayores, pero ¿Qué sucede con el rendimiento?

Cuadro 1. Rendimientos obtenidos (kg/ha) para cada fecha de siembra

Fecha de siembra	Rendimiento (kg/ha)
04/12	8858
17/12	8441
09/01	6222

En el cuadro se ilustran los rendimientos obtenidos para las tres fechas de siembra en la campaña 2018/19. El lote correspondiente a la primera fecha de siembra alcanzó un rendimiento de 8858 kg/ha y la infestación máxima alcanzada fue 2.6% de plantas considerando daños de cualquier magnitud. En los lotes con fechas de siembra 17/12 y 09/01, los niveles de infestación máxima registrados fueron 18.6 y 87% de plantas con daño. Los rendimientos obtenidos fueron 8441 y 6222 kg/ha respectivamente. El híbrido sembrado en la fecha de siembra 09/01 no fue el mismo que el sembrado en las dos fechas anteriores.

Lo que resta conocer es en qué magnitud la disminución de rendimiento se debe a la pérdida ocasionada por cogollero y cuál es la correspondiente a ubicar el cultivo en un ambiente desfavorable durante su periodo crítico debido al retraso en la fecha de siembra. Para resolver esto se decidió mantener la mitad de los lotes con baja presencia de la plaga mediante la aplicación de los insecticidas spinetoram (100 cc al 12%) y bifentrin (300 cc al 10%) en dos oportunidades durante el ciclo del cultivo en momentos en que se observaron indicios de daño. En la primera fecha de siembra (04/12), no se realizó ninguna aplicación destinada al control de cogollero debido a que el nivel de infestación fue muy bajo en todo el ciclo. Para el lote sembrado el 17/12 la eficiencia de control fue del 99% y para el lote con fecha de siembra 09/01 del 89%. La diferencia de rendimiento debido al daño ocasionado por cogollero se ilustra en el gráfico 2.



Gráfico 2. Proporción de disminución de rendimiento de maíz causado por el daño de cogollero en función del rendimiento obtenido en las parcelas con control químico

Los rendimientos obtenidos en las parcelas con control químico de cogollero fueron 9015 kg/ha y 6756 kg/ha para las fechas de siembra 17/12 y 09/01. A pesar de la brecha registrada entre estas parcelas respecto a la cantidad de plantas con daño (18.6 vs 87%), la pérdida de rendimiento en ambas fue similar (6 y 8%). Si bien el registro de plantas dañadas fue mayor en la fecha de siembra más tardía, en el lote con daño se registró un aumento de peso de las espigas del orden del 25% en plantas sin daño aledañas a aquellas plantas dañadas. Este aumento de peso de las espigas no dañadas del lote compensó parte de la pérdida de rendimiento generada por el daño de cogollero. Cabe destacar que en la última fecha de siembra la eficacia del control no fue del 100%. La plasticidad del maíz para compensar la pérdida de rendimiento que pueda ocasionar cogollero en un refugio va a depender de las condiciones climáticas que transite el cultivo, así como también la fertilidad del suelo y la disponibilidad de agua.

Teniendo noción de cuál es la dimensión de la pérdida que podemos esperar en un híbrido no Bt para estas latitudes podemos saber cuál es la expectativa de pérdida de rendimiento en un refugio. La fecha de siembra es un aspecto clave en el nivel de infestación esperado. De todas maneras, la pérdida de rendimiento en una determinada fecha de siembra también va a variar campaña tras campaña dependiendo de las condiciones ambientales en las cuales se desarrolle el cultivo, y de la capacidad que tenga este de compensar el daño. En este contexto, implantar un refugio no necesariamente reduce la rentabilidad del maíz, menos aún si se considera al cultivo como parte de una rotación agrícola. Sin embargo, la implantación de refugios aumenta la viabilidad de la tecnología Bt, contribuyendo a que esta herramienta de la cual hoy disponemos, se mantenga viable y efectiva a través del tiempo.

Bibliografía

Andow, D. A. 2008. The Risk of Resistance Evolution in Insects to Transgenic Insecticidal Crops. *Collection of Biosafety Reviews*, 4: 142-199.

Balbi, E. I., Flores, F. M. & Maury, M. 2018. Monitoreo de la oruga cogollera en cultivos de maíz – Campaña 2017/18. MAIZ Actualización 2018 Informe de Actualización Técnica en Línea N°11, 5-9.

Hurley, T. M., Babcock, B. A. & Hellmich, R.L. 2001. Bt corn and insect resistance: An economic assessment of refuges. *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 26, 176-194.

Tabashnik, B. E., Van Rensburg, J. B. J., & Carrière, Y. (2009). Field-evolved insect resistance to Bt crops: definition, theory, and data. *Journal of economic entomology*, 102(6), 2011-2025.

Tabashnik, B. E., Brévault, T., & Carrière, Y. (2013). Insect resistance to Bt crops: lessons from the first billion acres. *Nature biotechnology*, 31(6), 510.