

# **Manejo de Insectos en Maíz: Oportunidades y desafíos de la biotecnología para el manejo de *Diatraea saccharalis* (barrenador del tallo) y *Spodoptera frugiperda* (isoca del cogollo).**

Emilio H. Satorre

Unidad de Investigación & Desarrollo, AACREA; Cátedra de Cereales, Facultad de  
Agronomía, UBA.

Un resumen de experiencias recogidas en dos talleres de trabajo organizados por  
DuPont Pioneer en Rosario, Argentina, el 12 de Marzo y 13 de Junio de 2014.

## **CONTENIDOS**

1- Introducción	2
2- Bases y herramientas para el manejo y control de las plagas	4
2.1- Aspectos clave de la biología de las plagas	4
(i) <i>Spodoptera frugiperda</i> (isoca del cogollo)	4
(ii) <i>Diatraea saccharalis</i> (barrenador del tallo)	6
2.2- Regulación por enemigos naturales	7
2.3- El monitoreo y evolución de las plagas	10
2.4- El control químico de las plagas	12
3- Biotecnología y manejo integrado de plagas	13
4-Integrando experiencias para desarrollar propuestas integradas de manejo	14
5-Análisis de casos	16
5.1- El manejo de <i>Spodoptera</i> en Brasil	16
5.2- Iniciativas locales para el Manejo Integrado de Plagas	18
6-Comentarios finales	20
7-Referencias consultadas.	22
8-Lista de participantes	23

## 1- INTRODUCCIÓN

### **Biotecnología y sus aportes al manejo de las plagas en maíz.**

En Argentina, a fines de los años 90 se aprobaron los primeros eventos transgénicos para ser comercializados en híbridos de maíz. Desde entonces, la variedad de eventos liberados en forma simple o apilada ha ido creciendo. El primer evento aprobado en Argentina fue el E176, que dejó de ser comercial e incorporaba un gen bacteriano de acción insecticida (gen Bt) sobre lepidópteros; desde entonces numerosos eventos Bt fueron aprobados introduciendo transgenes para el control de *Diatraea saccharalis* (barrenador del tallo), *Spodoptera frugiperda* (isoca cogollera), *Helicoverpa zea* (isoca de la espiga), etc. En particular, el evento Mon810 (conocido comercialmente como MaizGard® o MG) con el gen Cry1Ab fue el primero en alcanzar amplia difusión en Argentina marcando eficacia para el control de *Diatraea* y, el TC1507 (conocido comercialmente como Herculex®, Hx I) con el gen Cry1F fue el primero introducido por su eficacia en el control de *Spodoptera* y *Diatraea*. Después de ellos, varios eventos y transgenes fueron introducidos en forma simple o apilada para el control de estas plagas y liberados al mercado en una amplia variedad de híbridos comerciales.

Los maíces genéticamente transformados crecieron en superficie en Argentina, desde su liberación en la campaña 98/99, alcanzando en los últimos registros más de 3.1 millones de hectáreas (más del 80% de la superficie de maíz; Argenbio 2011). Entre los beneficios derivados de su introducción, y que apoyaron ese crecimiento, puede señalarse el efectivo control de las plagas objetivo para el cual habían sido desarrollados. Esto impactó positivamente en el resultado productivo del maíz (cantidad, calidad, sanidad y seguridad), en el ambiente (reduciendo el número de aplicaciones de insecticidas) y en la sociedad (posibilitando la expansión de sistemas de producción distintos, tales como las siembras tardías, con efectos sobre la producción, la rotación, el suelo, etc.). La interacción de los eventos transgénicos combinados con la genética (con sus impactos directos e indirectos) y con mejoras en el manejo del cultivo (calidad de siembra, de control de malezas y plagas, de fertilización, etc.) han permitido incrementos significativos en la productividad del maíz en Argentina junto con la expansión del área maicera hacia zonas previamente consideradas marginales.

Los híbridos transgénicos (MaízGard®, Agrisure® TD/TG, Agrisure Viptera®, Herculex®, VT Triple pro®, PowerCore®\*\*) poseen una prolongada y permanente acción insecticida sobre las especies plaga objetivo. El efecto insecticida está presente todo el tiempo a lo largo del ciclo del cultivo.

Su efecto está restringido a las especies plaga objetivo, debido al mecanismo específico de acción de las proteínas que cumplen acción insecticida. Este mecanismo es muy selectivo, y las proteínas Bt sólo cumplen su acción sobre las células intestinales de las larvas de los lepidópteros. Los receptores sobre los que se adhieren estas proteínas para ejercer su acción letal no están presentes en otras especies animales (mamíferos, aves, etc.) y, por lo tanto, no ofrecen riesgo a la salud de los mismos. Esta forma de acción selectiva y su presencia prolongada en los tejidos del cultivo determinan su eficacia pero a la vez impone el riesgo de favorecer la selección natural de organismos tolerantes y/o resistentes entre las poblaciones plaga. Preservar la vida útil de estas tecnologías se ha convertido, desde su liberación en 1998, en un desafío al que deben comprometerse responsablemente todas las partes involucradas. En la actualidad, el manejo de resistencia se apoya en el rol de (i) los semilleros, liberando eventos eficaces frente a las plagas objetivo; y (ii) de los productores, sembrando el área de cultivo refugio con híbridos que no expresen la proteína insecticida (según recomendaciones de ASA: "<http://programamri.com.ar/>"). Este área proveería una adecuada población de insectos susceptibles para que se crucen con los eventuales resistentes y, de este modo, asegurar que la descendencia heterocigota producto del cruzamiento no exprese resistencia.

Sin embargo, estos roles vigentes, si bien necesarios, no son suficientes para asegurar la efectividad a lo largo del tiempo de los eventos biotecnológicos disponibles. Para demorar la aparición de insectos resistentes se debe considerar la integración con otras estrategias defensivas que consideren la biología de la plaga, la dinámica del sistema de producción y los componentes de regulación natural o de origen antrópico del sistema. Hasta ahora, la atención se ha centrado en los beneficios capturados de la biotecnología y la simplificación que la misma significa en los sistemas productivos. Mucho menos análisis y discusión han tenido los potenciales problemas derivados de esa simplificación (aparición prematura de tolerancia o resistencia) y la evaluación de enfoques alternativos integrados para prolongar la vida útil de las mismas. Por ello, este trabajo avanzará analizando los aspectos del manejo de tolerancia/resistencia, como una forma de incorporar nuevos criterios y elementos a la construcción de un verdadero manejo integrado de las plagas en el cultivo de maíz.

Para ello, el siguiente trabajo sintetizará lo analizado en 2 talleres con investigadores, asesores, productores y técnicos de distintas instituciones y regiones del país, en el que se abordaron los temas y se llevaron a cabo ejercicios para consensuar vías de integración efectivas para el manejo de plagas y el sostenimiento del valor aportado por la biotecnología al maíz.

## **2- BASES Y HERRAMIENTAS PARA EL MANEJO Y CONTROL DE LAS PLAGAS**

Las secciones presentadas a continuación introducen los elementos considerados clave por su impacto sobre las decisiones de manejo y control de plagas en general, y como constituyentes de un esquema de manejo integrado de plagas en cultivos transgénicos, en particular.

### **2-1 - Aspectos claves de la biología de las plagas, como determinantes de su manejo y control.** (Adaptado de una presentación realizada por Gabriela Murúa, EEAOC, Tucumán).

#### **- De *Spodoptera frugiperda* (gusano cogollero del maíz):**

*Spodoptera frugiperda* es una plaga que causa varios tipos de daños al cultivo de maíz. Se han reportado daños, dónde la plaga actúa como cortadora, desfoliadora, cogollera y, en algunos casos, llega a causar daño en espigas y como perforador o barrenador del tallo. En general, la preferencia de la plaga es de maíces en estados vegetativos tempranos, por lo que los daños se observan ya en plantas muy jóvenes.

Esta plaga puede tener varias generaciones a lo largo de la estación de crecimiento del cultivo de maíz. Dependiendo de las temperaturas el ciclo completo de la plaga puede durar entre 30 y 70 días, siendo más corto en condiciones de mayor temperatura y viceversa. En cada generación, el ciclo de la plaga está dividido en cuatro estados. La duración de los mismos varía: (i) Como pupa, dura entre 6-13 días; (ii) como adulto, 6 a 20 días (las hembras pueden poner hasta 1000 huevos); (iii) como huevo, entre 2-5 días y, (iv) como larva, entre 17 a 32 días (en esta etapa pasa por 6 a 9 estadios). *Spodoptera frugiperda* puede tener hasta 12 generaciones al año en laboratorio. En Argentina a campo presenta usualmente 3-4 generaciones. Esta especie no tiene mecanismos de diapausa. **En zonas cálidas el ciclo es continuo durante todo el año, y en zonas templadas sobrevive como pupa enterrada en el suelo, usualmente a no más de 10 cm.**

Este aspecto del ciclo de vida del insecto puede considerarse como clave: la exposición a bajas temperaturas ( $< 2^{\circ}\text{C}$ ) durante períodos breves ( $< 4$  días) mata las pupas. En general, las pupas mueren en una altísimo porcentaje al estar expuestas durante períodos cortos, por ejemplo de 15 días a temperaturas por debajo de  $8^{\circ}\text{C}$  (Murúa, 2014).

Por estos motivos, en Argentina es esperable que las pupas enterradas sólo puedan sobrevivir (según ambiente y condiciones del año) aproximadamente al norte de la Ruta 19 (al norte de una línea imaginaria de referencia, cruzando las ciudades de Córdoba,

Santa Fe y Paraná). En algunas regiones del país donde las condiciones son favorables (temperaturas altas), el insecto pasaría el invierno en estado de pupa, enterrada en el suelo. En otros ambientes, algunos insectos podrían pasar el invierno como pupas enterradas a profundidades mayores a los 10 cm, donde la temperatura no descienda de 9°C. En las condiciones que permitan la supervivencia de las pupas en el invierno, los primeros adultos y larvas de primavera podrían originarse de la supervivencia de estos individuos (poblaciones locales) o de la migración de poblaciones desde zonas donde esta especie encuentra mejores condiciones para sobrevivir (poblaciones extranjeras). En los inviernos de las regiones del país donde no hay condiciones ambientales favorables para la supervivencia de las pupas, los adultos siempre provendrían de áreas distantes, desde dónde migran.

Es decir, en muchas localidades al Sur de la línea imaginaria de la Ruta 19, las poblaciones que afectan los cultivos se originarían en localidades del Norte de Argentina o, en localidades de Brasil, Paraguay y/o Bolivia donde encuentran condiciones para sobrevivir durante todo el año. En esas localidades del Sur, la incidencia de la plaga está determinada por su comportamiento en las regiones del Norte y, en los factores que favorecen o promueven su migración.

Hasta el momento hay pocos trabajos locales que hayan evaluado la capacidad de dispersión (o migración) de esta especie. Murúa y colaboradores (2014) indicó que realizaron capturas de adultos que habrían volado al menos 28 km, en evaluaciones desde lotes de maíz hasta trampas en el centro de Tucumán capital. Sin embargo, se reconoce que las infestaciones de muchas regiones en Argentina se originan en poblaciones de insectos migrando de Brasil y Bolivia. La plaga tiene capacidad de migrar hasta 500 km. La dirección de los vientos y la existencia de “puentes verdes” serían los mecanismos rectores que modulan la temporalidad y regionalización de las migraciones. Por ello, los procesos de dispersión de una plaga no deberían razonarse como “vuelos directos” sin escala, si no como una secuencia continua de multiplicación de la plaga (en los puentes verdes) y posterior conducción direccional según los vientos.

Entre los elementos generales a considerar para su manejo integrado se han señalado que: (i) *S. frugiperda* prefiere maíces en estados vegetativos tempranos, por lo que las fechas de siembra tardías serían las más atacadas; (ii) la siembra directa genera un ambiente favorable para el desarrollo de enemigos naturales y contribuye a regular las poblaciones de la plaga; (iii) las lluvias intensas o el riego por aspersión contribuyen a controlar las larvas de primeros estadios; y (iv) que la plaga tiene muchos enemigos naturales (parásitos y parasitoides), que contribuyen a su control biológico. Algunos son

mejores porque la atacan en estado de huevo o larvas chicas, mientras que otros atacan larvas grandes y permiten que sigan comiendo. Hay también hongos, nemátodos y depredadores que afectan a la plaga.

La variabilidad genética de la población es amplia, pero tiene un patrón reconocible. Se han identificado dos biotipos (no por sus diferencias morfológicas, sino de acuerdo a preferencia por hospederos); (i) biotipo Maíz: prefiere maíz, algodón, sorgo, entre otras especies; y (ii) biotipo Arroz: prefiere arroz, alfalfa, sorgo de alepo, etc. En Argentina se reconocen diferencias entre las poblaciones del NOA y Buenos Aires (BA). En ambas regiones predomina el biotipo Maíz, pero si bien hay similitudes entre las poblaciones, hay muy baja compatibilidad en los cruzamientos de ambas, determinado por un bajo porcentaje de eclosión de las posturas de cruzamientos NOA x BA. Sin embargo, al sur de Chaco y centro de Santiago del Estero, se encuentran las poblaciones de biotipos Arroz y Maíz, que se cruzan naturalmente.

- De *Diatraea saccharalis* (barrenador del tallo o gusano perforador). (Adaptado de una presentación realizada por Eduardo Willink, EEAOC, Tucumán).

*Diatraea saccharalis* (barrenador del tallo del maíz) ataca varias gramíneas (maíz, caña de azúcar, sorgo, arroz, trigo, varias malezas, etc) sobre las que actúa como barrenador, perforando y debilitando su tallo. Esto produce daños al funcionamiento de las plantas, quebrado de cañas y caída de espigas que reducen el rendimiento de los cultivos. Hasta el momento, se viene apreciando que en el norte del país (NOA) ataca en mayor medida a la caña de azúcar por sobre maíz. En esta región, la enorme mayoría de las larvas colectadas provienen de caña de azúcar, un pequeño porcentaje del sorgo y prácticamente nada de maíz. En otras regiones del país, en cambio, abunda en cultivos de maíz convencional (maíz no transgénico).

Como en el caso de *S. frugiperda* (ver punto 1.1), esta plaga puede tener varias generaciones a lo largo de la estación de crecimiento del cultivo de maíz. Dependiendo de las temperaturas, el ciclo completo puede durar desde aproximadamente 40 días en verano, hasta 165 días en invierno. En cada generación, el ciclo se divide en cuatro estados. La duración de los distintos estados es de (i) 8-11 días como pupa; (ii) 4-10 días como adulto; (iii) 5-10 días como huevo; y (iv) 20-35 días como larva.

A diferencia de *S. frugiperda*, las larvas de esta plaga entran en diapausa en invierno, manteniéndose en los tallos de las plantas atacadas. Por ello, sobreviven poblaciones locales en toda el área productiva de nuestro país.

El punto mencionado anteriormente es crucial, ya que permite la continuidad año tras año el proceso de fijación de alelos resistentes *in situ*, abriendo la posibilidad de la generación local de resistencia en forma independiente a la posibilidad de la eventual generación de resistencia en otras regiones. La posterior dispersión de alelos desde o hacia otras zonas dependerá de la capacidad de dispersión de la plaga (dirección de vientos, puentes verdes, etc) y de la compatibilidad de apareamiento con las poblaciones de dichas regiones, permitiendo así la introgresión de la resistencia fuera de la zona de origen.

Se ha detectado estructuración genética en *D. saccharalis* ya que poblaciones de Tucumán (colectada en caña de azúcar) y de Buenos Aires (colectada en maíz), con marcadas similitudes morfológicas, no fueron compatibles. Se detectó una incompatibilidad precigótica y postigótica, dejando en evidencia el limitado flujo génico entre las poblaciones de diferentes regiones.

Entre los elementos generales a considerar para su manejo integrado se han señalado que: (i) constituyen condiciones predisponentes al ataque de la plaga las condiciones que mejoran el estado del cultivo (cultivos en terrenos nuevos o en rotación con soja, bajo riego o con fertilización nitrogenada); (ii) se reduce el ataque de la plaga y el efecto de su daño al cosechar temprano los lotes atacados; (iii) contribuyen a reducir la plaga el control de las malezas hospederas y la eliminación de los residuos de cosecha; (iv) el parasitoidismo larval es alto, pero no llega a controlar la plaga.

Desde la aparición de la genética Bt se ha reducido el área tratada con insecticidas para el control de esta especie. En el NOA, sobre caña de azúcar, no se hace control químico por la poca efectividad de las aplicaciones para el control de esta plaga. En el sur, con siembras abundantes de maíces Bt, el uso probado de estrategias de monitoreo y control es actualmente despreciable, quedando reducido a especialidades (maíces pisingallo pop o colorados).

## **2.2- Regulación natural de las plagas por agentes biológicos.**

Los sistemas productivos poseen una gran diversidad de organismos asociados (flora y fauna) que, adecuadamente sostenidos, pueden prestar servicios de gran valor al funcionamiento de los cultivos (como ejemplo, la polinización de varias especies cultivadas). En este sentido, las plagas poseen enemigos naturales que regulan sus poblaciones. La mortalidad de una plaga ocasionada por un componente natural del sistema es considerado un control biológico de la plaga. Favorecer las especies que atacan a las plagas en nuestros cultivos aparece como un complemento natural al control de las mismas. Los enemigos naturales se agrupan en parásitos, parasitoides,

depredadores y patógenos e involucran a organismos de complejidad variable, desde virus hasta vertebrados.

- **Control Biológico de *Spodoptera frugiperda*** (adaptado de las presentaciones realizadas por Eduardo Virla -CONICET-, y Anselmo Avila -Pioneer-).

**Parasitoides:** Hay más de 74 especies en 15 familias reconocidas como parasitoides para *S. frugiperda*. Estos organismos no son exclusivos, en general, de una especie hospedera. Entre ellos, hay un amplio número de micro-himenópteros y dípteros, que son los más importantes por su efectividad en la regulación de la plaga, ya que terminan matándola. Entre los más difundidos se encuentran: (i) *Campoletis grioti* (ataca a *Spodoptera* desde L1-L2 y permanece hasta L4), en áreas cultivadas sin manejo insecticida se han cuantificado ataques de este parasitoide de hasta 40-50% de larvas, en las primeras fases de infestación del cultivo (Virla, 2014); (ii) *Chenolus insularis* (pone huevos dentro de los huevos de *Spodoptera*, pero sus larvas se desarrollan dentro de la larva de la plaga [es un parasitoide ovo-larval] y registra altas tasas de ataque a la plaga en todo el norte, pero se destaca en Chaco). Estudios recientes en esta provincia mostraron que el porcentaje de larvas de *Spodoptera* parasitoidizadas se reducía a lo largo del ciclo (desde V2-V3 con casi 25% de larvas parasitoidizadas, hasta menos de 5% en V4-V5). En otro ensayo en siembra más temprana el pico de % de parasitoidismo se dio en V3-V4. La actividad de los parasitoides se daría hasta V4/V6 del cultivo, de allí en más el porcentaje de parasitoidismo desciende marcadamente (Ayala, inédito); y (iii) *Eiphosoma* sp (ataca larvas más grandes y empupa dentro de las larvas), o *Cotesia marginiventris* (pone un huevo en L1-L2 y permanece hasta L4 aproximadamente) son otros parasitoides que afectan a la plaga en las provincias del NEA. Entre los dípteros (moscas) los Tachinidae agrupan un conjunto numeroso de especies presentes en las regiones productivas.

A diferencia de lo que ocurre en los países limítrofes, en Argentina los parasitoides oófagos, por ejemplo especies del género *Trichogramma* o *Telenomus*, no están difundidas. Son usadas en Brasil, y realizar trabajos para evaluar su introducción podría ser relevante.

**Depredadores:** El complejo de géneros asociado a *S. frugiperda* incluye 11 familias con no menos de 20 especies, que incluye a varias Tijeretas, del género *Doru*. Las tijeretas son los depredadores de estas plagas más estudiados en Argentina y, entre ellos se destacan *Doru lineare* y *Doru luteipes*.

*D. lineare* come en promedio 300 huevos y 300 larvas L1 en su ciclo de vida, mientras que *D. luteipes* entre 500 y 600 huevos de *Spodoptera* o *Diatraea*. El ciclo de estos depredadores dura aproximadamente 27 días hasta su estado adulto y cada una de

sus posturas tiene en promedio 26 huevos. La regulación de las plagas por estos depredadores puede ser muy efectiva: en cultivos con presencia del depredador, el porcentaje de plantas con daños graves osciló entre el 18–22 %, en tanto que en cultivos sin el depredador alcanzó valores de 62%.

**Entomopatógenos:** dentro de este grupo encontramos nemátodos, bacterias, hongos y virus.

En el caso de los nemátodos entomofílicos, son parásitos que no necesariamente matan al hospedante; los más comunes son los del Género *Hexamermis* que aparecen como especies promisorias para la regulación de la plaga.

Bacterias, hongos y virus son citadas entre las especies que cumplen acciones de control natural de *Spodoptera*. En Chaco, trabajos recientes señalan entre los hongos importantes a *Nomuraea rileyi* (la larva se cubre de color verde al final del ciclo) y *Beauveria bassiana* (la larva termina recubierta de conidios blancos). En general, estos hongos matan a la larva en 5 días aproximadamente. En condiciones lluviosas, particularmente en los meses de Febrero-Marzo, podrían llegar a encontrarse hasta un 80% de larvas afectadas por estos hongos. No se debe dejar de señalar los estudios sobre varias cepas nativas de la bacteria *Bacillus thuringiensis*, de las cuales una es muy promisoria, ha sido ampliamente estudiada y podría ser utilizada para desarrollar un insecticida natural comercial.

- **Control Biológico de *Diatraea saccharalis*** (adaptado del escrito preparado por Salvatore, Murúa, Fogliata, Isas, Pérez y Willink, EEAOC, Tucumán).

El control biológico de esta plaga tuvo difusión en Brasil, pero no en nuestro país. Parasitoides introducidos y liberados a fines de la década del 70 y principios de los 80 (los dípteros *Paratheresia claripalpis*; *Metagonistilum minense*, *Lixophaga diatraeae*) no dieron resultado. Asimismo, tampoco dieron resultados himenópteros (*Cotesia flavipes*) aún cuando recientemente se intentaron liberaciones masivas del mismo. La EEAOC estaría intentando implementar un proyecto de control biológico utilizando *Trichogramma sp.*

## **2.3- El monitoreo y evaluación de plagas como base para la intervención del cultivo.**

El monitoreo de los cultivos es una práctica necesaria e importante en el manejo de las plagas de maíz, ya que brinda información sobre sus niveles poblacionales y la intensidad de daño. El monitoreo se refiere al relevamiento y registro de aspectos de la plaga y del cultivo que serán luego base para la construcción de criterios de intervención y decisiones de manejo. Esta práctica debiera ser frecuente tanto en maíces convencionales como Bt. La presión de las plagas varía entre años, regiones y sistemas de producción de maíz, por ejemplo: es esperable que la incidencia de isoca cogollera sea mayor en cultivos al Norte del país, o en siembras tardías y, que la incidencia de barrenador aumente en los cultivos pop o colorados.

En general, los productores han descansado mucho en los maíces transgénicos Bt para el control de las plagas de mayor impacto en el cultivo, han relajado las acciones de monitoreo específicas (ej. Monitoreo de posturas de huevos y larvas) y dejado de coordinar acciones para la eventual aplicación de insecticidas en el momento justo.

**- Monitoreo y umbrales de decisión para *Spodoptera frugiperda* (adaptado de la presentación de Roberto Peralta -Grupo Halcón-).**

En el caso de *Spodoptera frugiperda* el monitoreo solía registrar la observación de daño en la planta por su efecto como defoliadora y cogollera basado en la escala de Davis. La experiencia local ha simplificado esa escala a una de 5 grados, lo que facilitaría su aplicación por parte de los técnicos en un régimen de monitoreo frecuente (semanal).

En este sentido, una escala basada en observaciones externas del daño del insecto (Peralta 2014) podría describir los cinco grados de la escala como:

- Grado 1:** L1-L2 Lesión de hojas sin pérdida de cutícula. Ventanas transparentes sobre la lámina.
- Grado 2:** Agujeros sin aserrín en el cogollo.
- Grado 3:** Se ve aserrín en el cogollo.
- Grado 4:** Tapón de aserrín.
- Grado 5:** Cogollo totalmente destruido.

En cultivos atacados por la plaga, que el daño pase del Grado 1 al Grado 5 puede demorar tan sólo 15 días, o menos aún en regiones tales como Norte de Córdoba (7 días).

Usualmente, los registros de monitoreo permiten aplicar criterios de decisión; el 20 % de plantas atacadas (Grado 2 – 3) fue considerado por mucho tiempo un umbral de decisión. Trabajos recientes con la escala simplificada (ver arriba) permiten estimar la pérdida de rendimiento para cultivos sin daño con rindes de hasta 10.600 kg/ha como:

Pérdida (kg/ha)= 10628 – (10628-(54,09 x PLG5))	[ecuación 1]
---	--------------

Donde PLG5 en la ecuación 1 es el porcentaje de plantas con daño Grado 5 registradas en el cultivo. Por ejemplo, en cultivos con 8 % de plantas en Grado 5 (cogollo totalmente destruido), la pérdida media evaluada en cultivos de 10.600 kg de rinde alcanzaría 433 kg/ha.

Si bien el daño sobre cogollo descripto en la escala es el más frecuente, la plaga suele producir daño en espiga (granos) y pudrición que pueden ser relevantes. Resulta muy difícil detectar y alcanzar a controlar la plaga antes que entre a la espiga. En ataques a espiga, se observaron en promedio unos 39 granos comidos, esto generaría una pérdida cercana a 700 kg/ha, si el 100% de espigas hubieran resultado dañadas.

- **Monitoreo y umbrales de decisión para *Diatraea saccharalis*** (adaptado de la presentación de Nicolás Iannone -INTA- y Roberto Peralta – Grupo Halcón-).

El monitoreo de *Diatraea saccharalis*, a diferencia de la isoca cogollera, está basado en la observación y registro de oviposturas. Lo importante del monitoreo es contar el número de posturas y, observar su coloración. En aquellos huevos que presentan color anaranjado con punto negro (es la cabeza de la larva) faltarían menos de 24 hs para que se produzca la eclosión.

*Diatraea* no ovipone en plantas jóvenes (con desarrollo menor a V3), por lo que la primera generación no ataca al maíz temprano sembrado en Septiembre en la región núcleo. Por ello, en general el muestreo se realiza sobre plantas desarrolladas. En general la oviposición es en el envés de las hojas del tercio medio, pero puede estar generalizada en la planta. La primera y segunda generación tienen un pico más marcado de adultos y posturas, las restantes generaciones en cambio, tienen un período de oviposición extendido. El registro de la captura de adultos en trampas de luz puede permitir la identificación de picos poblacionales y de postura, sirviendo como un alerta para desencadenar las acciones de monitoreo. Sin embargo, se ha señalado que en maíces Bt no hubo una clara relación entre captura de adultos y número de posturas recontadas en lotes. En algunos casos se ha observado que la oviposición de *Diatraea* se reduce en plantas atacadas por *Spodoptera*. Este tipo de comportamiento ha sido

visto en otras especies: muchas especies cuando comen una planta (predan) hacen que el vegetal emita sustancias volátiles que atraen predadores. Al liberar la planta esas sustancias atractivas, puede alterar profundamente las tasas de oviposición y predación naturales (Kessler & Baldwin, 2001).

Los criterios de manejo han sido desarrollados para maíces convencionales (no Bt) y, en estos casos se sugiere la intervención ante un 8-10% de plantas con postura en híbridos comerciales y 5% en híbridos pisingallo. Cuando las posturas son de color anaranjado, y los niveles de posturas alcanzan los umbrales, se sugiere la intervención (control químico) dentro de los 7 días. En cultivos no controlados las larvas penetran la caña y la barrenan hasta que alcanzan el estado de pupa. En observaciones de perforaciones en caña, una perforación por planta sugiere pérdidas aproximadas a 200 kg/ha. Los adultos salen por las perforaciones que preparó la larva de último estadio antes de empupar en la caña (son más grandes que las perforaciones de entrada).

El insecto produce el daño en la caña con efectos directos (sobre el funcionamiento de la planta) e indirectos (quebrado de las cañas). En maíz, ante ataques severos se puede encontrar mucho daño en el pedúnculo de la espiga y, caída de las mismas durante la cosecha.

## **2.4- El control químico de las plagas.**

En cualquier caso, frente a condiciones que favorecen la severidad de un ataque y vencidas las barreras de regulación del daño de la plaga previstos en el cultivo (Ej. con niveles poblacionales de enemigos naturales relativamente bajos, escaso control de transgenes) y habiendo monitoreado el lote para registrar y evaluar esta situación, los insecticidas aparecen como una herramienta complementaria.

Desde en el uso de insecticidas como curasemillas (bajas dosis por hectárea y en aplicación muy localizada) hasta en la pulverización de productos sobre los cultivos, los productos usados para el control pueden variar en dosis, modo de acción y seguridad para la salud y el ambiente. Carbamatos, Fosforados, Piretroides, IGRs o Diamidas están entre los grupos que han sido registrados y utilizados en forma complementaria para el control de estas plagas en maíz.

El insecticida (producto) y su dosis, son considerados cuidadosamente en la mayor parte de los casos de control químico de plagas. La elección y ejecución del momento oportuno de la aplicación es un aspecto también muy relevante. El momento de aplicación debe definirse a partir de un adecuado monitoreo del cultivo y debería tener en cuenta: (i) el nivel de incidencia de la plaga; (ii) su estado de desarrollo; (iii) el

estado de desarrollo del cultivo; y (iv) las condiciones ambientales existentes. Estos factores pueden modificar la eficacia de la táctica (producto x dosis) seleccionada y, lo que es aún más importante la seguridad de la aplicación.

### **3- Biotecnología y manejo integrado de plagas**

La siembra de cultivo transgénico Bt supone una presión continua de un mismo modo de acción y control sobre la plaga objetivo. Apoyados en el hecho que muchas especies plaga de los cultivos han desarrollado resistencia a los insecticidas convencionales, no debiera sorprendernos que las plagas puedan desarrollar resistencia a las toxinas Bt presentes en los cultivos transgénicos. Para demorar el desarrollo de resistencia se ha propuesto el uso de refugios en los cultivos transgénicos. Sin embargo, la incorporación de otras prácticas para la construcción de esquemas más integrados de manejo y control, podría contribuir a retrasar el desarrollo de procesos de resistencia.

Observaciones en cultivos de Argentina estarían mostrando un debilitamiento de la eficacia de algunos eventos Bt sobre el control de *Diatraea saccharalis* en algunas regiones particulares y *Spodoptera frugiperda* en otras. Pareciera que nadie debiera cuestionar ya si la resistencia a las proteínas Bt puede desarrollarse en maíz. La pregunta que nos hacemos ahora es que tan bien podemos manejar la resistencia a esa tecnología usando los refugios y aproximaciones integradas.

El concepto de manejo integrado de plagas (MIP) se introdujo en los años 60 en respuesta a las preocupaciones generadas por el uso de insecticidas sobre el ambiente. Se esperaba que el concepto de MIP fuera a cambiar la protección de los cultivos hacia un entendimiento mayor de los insectos y su ecología, proveyendo una estrategia alternativa a la intervención unilateral de las plagas de los cultivos con insecticidas. Esto desembocaría en una estrategia que descansara en varias tácticas complementarias. En esas estrategias, los insecticidas serían usados como suplementos ocasionales de los mecanismos de regulación natural de los sistemas productivos. Muchas técnicas integradas de manejo de plagas se orientan a prevenir, eludir y reducir el efecto de las plagas y a aumentar los procesos naturales de regulación (Cuadro 1).

Cuadro 1 – Enfoque conceptual general (estrategia) y acción posible en esquemas de manejo integrado de plagas (adaptado de Altieri, Gurr & Wratten, 2004.).

Estrategia	Algunos factores o prácticas en las que se podría pensar.
<b>Hagamos que el cultivo no este disponible para la plaga en el tiempo o espacio, utilizando la biología de la plaga.</b>	Elección de lotes, aislamiento del cultivo, rotación, fecha de siembra o cosecha.
Hagamos que el cultivo no sea adecuado a la plaga (interferir en la oviposición, preferencia o ubicación del cultivo).	Aumentemos la diversidad de los cultivos. Usemos cultivos trampa.
Reduczcamos la supervivencia de la plaga con enemigos naturales.	<b>Aumentemos la diversidad para que aumenten los parasitoides y parásitos.</b>
Alteraremos la susceptibilidad de los cultivos a la plaga.	Mejoremos nuestros suelos, su calidad y fertilidad.

Varias herramientas han sido propuestas como parte de un manejo integrado de plagas en cultivos extensivos transgénicos. Entre ellas, se pueden señalar: (1) rotación de cultivos; (2) desecación anticipada de malezas hospederas de la plaga; (3) monitoreo temprano de los lotes (previo a la siembra) y eventualmente, control químico de plagas previo a la siembra; (4) siembra de refugios; (5) siembra y uso de maíces Bt tratados con curasemillas insecticidas; (6) mantenimiento del cultivo libre de malezas y plantas guachas; (7) monitoreo del cultivo desde etapas tempranas; (8) evaluación del nivel de daño y control químico en caso de haberse alcanzado el umbral de daño; (9) eventualmente, realizar aplicación de productos en las dosis y momentos recomendados; (10) rotación de principios activos de insecticidas y preservación de los enemigos naturales utilizando productos selectivos.

#### **4- Intercambiando experiencias para desarrollar propuestas integradas de manejo de *D. saccharalis* y *S. frugiperda* en maíz.**

Esta sección describe algunos puntos salientes de un trabajo con grupos de profesionales de distintos sectores con alguna experiencia en la problemática. El trabajo se desarrolló en dos partes, con distintos grupos de personas. El objeto del primer trabajo fue reunir las percepciones e información individuales en la construcción de un modelo común del problema; en tanto que el objetivo del segundo trabajo fue proponer esquemas de acción para la prevención y manejo del problema.

**- Analizando el origen del posible debilitamiento de biotecnologías en el control de especies plaga.**

- ¿Por qué hoy se enfrenta un eventual debilitamiento de algunos eventos Bt, que antes no teníamos?

En general, el debilitamiento de biotecnologías previamente efectivas se vincula a (i) un proceso natural: es decir, es una posible respuesta a un proceso natural de selección (la persistencia de la tecnología dependería del número de generaciones por año de la plaga, cruzamientos, variabilidad, tolerancia natural de las poblaciones, etc.); (ii) un proceso antrópico: es una respuesta a un diseño de producción que introduce una alta presión de selección con una baja diversidad. El lugar en el que, por ejemplo, la tolerancia de *Diatraea* a ciertas proteínas Bt se ha fortalecido responde a una zona aislada de producciones intensivas bajo riego con elevada participación de quasi monoculturas de maíz (escasa rotación). Analizando el caso de *Spodoptera* en el NOA, Centro y otras regiones se señalaron entre las posibles causas: el incremento de superficie de maíz en los últimos cuatro años en esas regiones; la alta participación de maíces con tecnología Herculex® (Hx I) y transgénicos en general; la baja cantidad de insecticidas utilizados en maíz (lo que reduce el control únicamente a las proteínas Bt); la baja diversidad de tipos de control; el aumento del área de maíces tardíos; la baja superficie de siembra de refugios; la ausencia de monitoreo de plagas en los cultivos transgénicos; la posible presencia de poblaciones migrantes de la plaga con resistencia (el nuevo escenario regional de transgénicos, con amplia introducción del gen Herculex® en Brasil desde 2009 podría actuar ampliando las fuentes de resistencia, para el caso de plagas migratorias como *Spodoptera* y *Helicoverpa*); y el cambio de hábito alimenticio de la plaga (sobre tejidos que expresan menos poder insecticida). También se le atribuye parte del origen del problema al (iii) factor humano. En general, se reconoce que frente a la expansión del uso de estrategias simples, faltó el necesario análisis e intervención para minimizar los riesgos. No se reacciona ante un problema inminente o se lo hace tarde. Ha sido frecuente creer y difundir por parte de todos los actores de la cadena que la única estrategia efectiva es la biotecnología.

La priorización de los elementos claves acerca del origen de posibles problemas derivados del debilitamiento de las biotecnologías Bt sugirió que (i) la simplificación del sistema de producción es una parte de la raíz del problema (factor humano); la producción se apoyó demasiado en la biotecnología y, era esperable que, a más presión de selección más rápidamente aflorara un problema; (ii) los aspectos poco conocidos, aún se requiere investigar aspectos claves del manejo de las plagas; y (iii) la ausencia de monitoreo de los cultivos y de siembra de refugio requerido contribuyeron a acelerar el debilitamiento de la biotecnología.

- ¿Qué estrategias y/o herramientas están disponibles para manejar el problema? ¿Cómo usarían esas herramientas para neutralizar el problema, manejar y controlar las plagas que tenemos?

En los grupos hubo amplia coincidencia que informar y capacitar a los agentes de transferencia y a todos los actores era una pieza fundamental de las posibles soluciones. La transferencia de lo que se conoce, y la generación de protocolos zonales para el manejo y control integrado de las plagas en los cultivos es un paso necesario para afrontar el debilitamiento de la biotecnología allí donde haya ocurrido. Resulta necesario re-introducir el monitoreo de plagas en los lotes y los cultivos, conjuntamente con el uso de insecticidas selectivos (que permita rotar principios activos) de manera integrada a la biotecnología (especialmente con apilado de genes). En particular, el relevamiento zonal de insectos plaga y su respuesta a dosis diagnóstico pre establecidas contribuiría a describir las diferentes situaciones en cada zona (resistencia, tolerancia, sensibilidad). Un aspecto que apareció en forma recurrente entre los participantes fue el de llevar adelante acciones coordinadas, tales como la generación de una red de alertas zonales (equivalentes a las que funcionaron para otros problemas (tal el caso de la roya asiática de la soja) o en otros países dónde por ejemplo son utilizadas las redes de trampas de feromonas. Finalmente, ampliar el uso de refugios, con tratamientos insecticidas si fuese necesario. En estos casos buscar con la oportunidad el equilibrio de no matar todos los insectos presentes en el refugio porque en ellos el objetivo no deja de ser actuar como fuente de individuos susceptibles para cruzarse con los eventuales tolerantes.

La solución a los problemas complejos y dinámicos debe, frecuentemente, involucrar a todos los actores. Trabajando en conjunto las empresas proveedoras de insumos, AACREA, AAPRESID, SENASA, ASA, INTA, CONICET, centros de investigación, Universidades, etc. se señalaron como capaces de sumar esfuerzos, generando protocolos regionales de acción que permitan evitar el debilitamiento de las biotecnologías, aspecto que se presenta como un riesgo muy importante y que tendría un impacto potencial grande en la producción del maíz en el país.

## 5- Análisis de casos

### 5.1- El manejo de *Spodoptera sp.* en Brasil (extraído de la exposición de Robson de Paula, DuPont Pioneer Brasil).

En todas las regiones de Brasil, *Spodoptera* es la plaga más importante de maíz. En el estado de Paraná se siembran aproximadamente 2 millones de hectáreas de maíz, entre siembras de verano y las denominadas “safrinha”. Previo a la aparición de los

maíces Bt los cultivos recibían más de 4 aplicaciones insecticidas para el control de esta plaga del maíz. La tecnología Bt y el evento Herculex® I en particular, cambiaron el escenario del cultivo.

El riesgo de daño por *Spodoptera frugiperda* aún es mayor en Maíz no Bt que en maíces Bt sin manejo integrado de plagas, particularmente en áreas con temperaturas elevadas. Tanto en Brasil como en Argentina, aspectos clave de la dinámica de la plaga condicionan la forma de manejar el problema. A modo de ejemplo, las larvas L1 que producen el raspado de las hojas, tipo ventanita, tienen un gran poder de dispersión dentro del cultivo (moviéndose hasta 47m desde donde ocurrió la postura). A medida que avanza en su desarrollo, a partir de L3, busca la oscuridad y se ubica en el cogollo. Como en Argentina, se observan híbridos con mayor daño que otros incluso con misma tecnología o transgen. Las causas de esto podrían atribuirse a la preferencia de la mariposa en la oviposición o a las diferencias genotípicas entre híbridos.

Frente al debilitamiento de la tecnología, distintas medidas se integraron a la mera siembra del cultivo transgénico. Entre ellas: (i) siembra de refugio; (ii) control biológico: Han ayudado mucho los hongos y, la plaga tiene muchos predadores actuando en los sistemas de producción de maíz; y (iii) control químico: en general se presume que no más allá de L3 (larvas de 8-10mm de largo), ya que a partir de allí difícilmente el control pase un 70% y el daño que hace cada larva es mucho mayor.

La integración de tecnología Bt + refugio + insecticidas forman parte de un manejo integrado. Se reconoce que las tecnologías Bt mejoran la protección respecto al maíz convencional, y atrasan la primera aplicación de insecticidas, pero en forma aislada no evita totalmente el daño de la plaga. Los híbridos más tolerantes reciben una aplicación insecticida y, los menos tolerantes usualmente requieren dos o más aplicaciones. Se puede observar mucha diferencia en comportamiento entre híbridos.

El uso de insecticidas de última generación ofrece buenos controles y menor impacto sobre los insectos benéficos y el medioambiente (Spinosad, ej: Tracer®; Indoxacarb® y Rynaxipir, ej: Coragen®) se mencionan en este grupo con modos de acción diferentes). Encontraron que una aplicación bien hecha parece ser suficiente en muchos casos; aunque en algunos casos se necesitaron hasta 3 tratamientos para reducir el daño en espiga. En sus sistemas, buscan lograr la primera aplicación en estados tempranos de daño y se reconoce que harán una aplicación insecticida aunque sus cultivos tengan transgen Bt. Se recomienda rotar los ingredientes activos para evitar resistencia a los insecticidas (consultar tabla de IRAC mencionada en las referencias para rotar correctamente ingredientes activos).

En “safrinha” la presión inicial suele ser mucho mayor. En estos casos se combina el uso de curasemillas (ej. Imidacloprid + Thiodicarb, o Rynaxipir/Chlorantraliniprole) con aplicaciones al cultivo. En general en los lotes con tratamientos curasemillas se observa control de las plagas hasta V4.

El monitoreo continuo del cultivo es recomendado para poder evaluar la necesidad de aplicar insecticidas. Definir el momento oportuno y el producto adecuado es parte de esta tarea. También se deberá prestar especial atención a la calidad de aplicación. Los mejores resultados se han alcanzado con alto volumen de caldo (300 litros) y aplicaciones sobre la línea de siembra (aunque su implementación presenta dificultades).

## **5.2 – Iniciativas locales para el Manejo integrado de Plagas en Maíz.**

En esta sección se evaluaron propuestas para el manejo de plagas en cultivos de maíz de Argentina. Para recoger la mayor variedad de alternativas se propuso a un grupo heterogéneo de tomadores de decisión sugerir y analizar recomendaciones frente a una situación de riesgo de debilitamiento de la biotecnología. El análisis se identificó espacialmente en el litoral argentino, sobre un lote de antecesor soja, sembrado a principios de Diciembre con un híbrido Herculex® I. A cada grupo se le pidió que evalúe el riesgo de debilitamiento y que, en base a ello, diseñe acciones orientadas a reducir la pérdida de rendimiento del cultivo y a fortalecer la biotecnología (reducir el riesgo de tolerancia o resistencia). Se resumen a continuación las sugerencias ordenadas de los grupos para el análisis de alternativas de manejo integrado y la construcción de un proceso con los elementos centrales que surgieron del trabajo:

**(1) El relevamiento temprano del lote:** La vegetación espontánea es refugio y fuente de alimento de enemigos naturales (presas alternativas, polen, néctar) y contribuye a generar una estructura diversa capaz de alojar múltiples organismos. Incorporar el relevamiento y control de malezas antes de la siembra no sólo contribuye a su manejo y control sino al de las poblaciones plaga, monitoreando la presencia de larvas en el barbecho del cultivo antecesor; si hay larvas activas, se debería aplicar un insecticida. A la siembra se prefiere un lote limpio, pero es posible dejar vegetación adventicia como refugio de enemigos naturales (por ejemplo, no pulverizando las terrazas no sembrables, o dejando las banquinas enmalezadas).

**(2) La elección del híbrido:** Las características agronómicas y genéticas del híbrido son clave. Por un lado, desde el punto de vista genético, hay materiales transgénicos Bt de buen comportamiento en distintas regiones para las plagas analizadas. Las características agronómicas por otro lado marcan diferencias, a modo de ejemplo: por su comportamiento frente a la fecha de siembra tardía. Sin embargo, frente a la posibilidad de un debilitamiento del transgen, será necesario conocer la tolerancia de la base genética utilizada (si se tiene información de casos de tolerancia o resistencia frente a *Spodoptera frugiperda* o *Diatraea saccharalis* para ese genotipo). Los materiales tropicales en las zonas al Norte del país son importantes por su sanidad y su tolerancia natural a *Spodoptera* por haber sido seleccionados en ambientes de alta presión de esta plaga.

**(3) La siembra de refugio:** se deberían aplicar las recomendaciones de ASA que figuran en el sitio web “<http://programamri.com.ar/>”. El refugio debería cubrir entre un 5% y un 10 % del área sembrada según el evento transgénico utilizado.

**(4) Prácticas agronómicas:** En general, aquellas prácticas que permiten crecer a los cultivos sanos y vigorosos contribuyen a reducir el efecto de estas plagas. Manejar el cultivo con un planteo adecuado y el manejo correcto de la fertilización, especialmente de fósforo y nitrógeno, deben verse como parte del manejo integrado de estas plagas.

**(5) La regulación de las plagas con insecticidas en semilla:** Se sugiere el uso de insecticidas curasemilla registrados, en las dosis recomendadas, localizadas y con espectro de acción hasta V4. Se señaló evitar el uso de curasemilla con principios activos agresivos, que pudieran afectar la salud del personal operativo de la empresa durante su manipuleo.

**(6) Un sistema de alerta temprano:** En este sentido se consideró que *Spodoptera* podría tener la migración desde Brasil como la fuente principal de adultos que oviponen en nuestros cultivos. De este modo, podría tomarse en cuenta las condiciones de aquella región como elemento predictivo. También se sugirió monitorear la posible ruta migratoria con lotes testigo para detectar la dinámica de introducción de insectos resistentes. Sin embargo, también se sostuvo la posibilidad del seguimiento de la población con trampas de feromonas, para (i) detectar la presencia inicial de adultos en los sistemas productivos, (ii) identificar picos poblacionales y (iii) mapear zonas con diferentes niveles de abundancia. En cualquier caso, este punto sugiere el alerta y el monitoreo como base de cualquier acción directa sobre las plagas.

(7) **El monitoreo de los cultivos:** El monitoreo de los cultivos de maíz fue prácticamente abandonado con la difusión de los cultivos Bt. Se sugiere el monitoreo **semanal** del maíz (al menos desde V3), con registro de evolución de la plaga y, eventualmente alerta de acción al llegar al umbral. La base de cualquier uso de insecticida o acción directa debería estar apoyada en un adecuado monitoreo y registro de las plagas. El refugio también debería ser monitoreado ya que la comparación del estado del refugio en relación al cultivo transgénico puede darnos una idea del nivel de control (o debilitamiento) del transgén.

(8) **El control con insecticidas:** La incorporación del control insecticida, en repuesta al resultado del monitoreo, debe considerar un producto adecuado al estado del cultivo y una forma de aplicación confiable. En estados tempranos (V3-V7), con 10-20 % de raspado se recomienda el uso de un piretroide microencapsulado, o piretroide + IGR, usando alta presión y gotas chicas, con pastillas de cono hueco. En caso de tener que repetir una aplicación (V8-V13) se usarían IGR o diamidas con dosis altas en la medida que avanza el cultivo. En este estado del cultivo se hace especial hincapié en la calidad de aplicación y el uso de productos de calidad, acción reconocida y persistencia, en la medida que las aplicaciones son más cercanas a la floración. En VT –R1 si hay orugas el control reducirá la población pero no necesariamente suprimirá totalmente el daño. Se mencionó que experiencias de campo evidenciaron que aplicar productos con acción de voldeo fue beneficioso respecto a no hacerlo. La combinación de productos con persistencia ampliaría la ventana de control, siempre y cuando la llegada de gotas sea de al menos 10-14 impactos/cm<sup>2</sup> en el tercio medio la planta. Uno de los puntos salientes de la discusión fue que tanto el momento oportuno como la calidad de aplicación se consideran como variables de mayor importancia que el producto per se.

(9) **Calidad y oportunidad de cosecha:** La cosecha anticipada reduce las posibilidades de pérdidas, frecuentes en cultivos con plantas dañadas.

## 6- Comentarios finales

La preservación de las nuevas tecnologías es de interés y, en gran medida, responsabilidad de un amplio número de actores en el sector y el país. Particularmente, allí donde una mejora genética ha funcionado y sigue haciéndolo positivamente, aumentando los rendimientos, la protección de los cultivos, la salud del ambiente y las personas, introducir las acciones que aseguren la supervivencia de esas tecnologías es crucial. Para los problemas mencionados aquí (*Diatraea saccharalis* y *Spodoptera frugiperda*) los transgenes que siguen siendo eficaces y los que han mostrado algún debilitamiento son distintos. La percepción de los problemas experimentados por estas tecnologías (su debilitamiento) no es igual en todas las regiones, pues los factores de

debilitamiento son diferentes, por ejemplo, la relación entre la dinámica de una plaga y el clima es determinante del menor impacto de la misma en las regiones más frías (al sur) respecto de las más cálidas (al norte). Proteger las tecnologías de manera adecuada implicaría planes adaptados a las condiciones locales. No obstante, es importante recalcar que las recomendaciones de MIP mencionadas en este documento deberían aplicarse a todas las tecnologías Bt para prolongar su durabilidad.

La durabilidad de la efectividad de los eventos biotecnológicos depende de acciones colectivas (como en casi todos los problemas complejos). Estas acciones deben estar sostenidas en una profunda, veraz y amplia comunicación y, en especial, en la capacitación de todos los actores.

A lo largo del trabajo resumido en este documento, fueron evidentes relevantes vacíos de información. En muchos temas, el conocimiento es parcial. Por ejemplo, es reconocido que las poblaciones de *Diatraea* son locales y capaces de sobrevivir al invierno en los sitios donde tuvieron su ciclo, pero para el caso de *Spodoptera*, preguntas tales como: ¿Hay poblaciones de insectos locales resistentes? ¿Las poblaciones resistentes son migratorias? ¿Logran sobrevivir el invierno templado las pupas de la especie? ¿Dónde lo logran? Si migran, ¿desde dónde migran? ¿Siguen la línea Londrina (Brasil) – Paraná (Argentina)? Este tipo de preguntas aún no tienen respuestas claras. Desarrollar las acciones para que esos temas se aborden es imperativo. De ellos dependen muchas decisiones que pueden influir de manera notoria en los resultados de las acciones de manejo del cultivo y la supervivencia exitosa de tecnologías.

Las biotecnologías hoy, mayormente, descansan en el apilamiento de genes combinado con el uso de refugio como una estrategia válida para el control de plagas y para, al mismo tiempo, demorar la aparición de poblaciones tolerantes. Del trabajo surgió la importancia de poner en marcha estrategias integradas tempranamente, como forma de fortalecer la eficacia y durabilidad de las tecnologías. Los elementos discutidos aquí muestran no sólo el interés por el tema sino también la importancia de aunar experiencias y visiones de distintos sectores en la búsqueda de soluciones.

---

\*\* MaizGard® es una marca registrada y uso bajo licencia de Monsanto Company, Agrisure® TD/TG, Agrisure Viptera® es una marca registrada de una compañía del grupo Syngenta; Hérculex® I y el logo Hx I son marcas registradas de Dow AgroSciences LLC; VT Triple Pro® es marca registrada de titularidad de Monsanto NL B.V.; la tecnología multi-evento PowerCore® fue desarrollada por Dow AgroSciences y Monsanto. PowerCore® y su correspondiente logo es marca registrada de Monsanto Technology LLC.

Tracer® es Marca registrada de Marca registrada de Dow AgroSciences; Coragen® es marca registradas de E. I. du Pont de Nemours and Company.

## 7- Referencias y lectura sugerida

- Altieri, M.A., Gurr, G.M. & S.D. Wratten (2004). Genetic engineering and ecological engineering. A clash of paradigms or scope for synergy? En Gurr, Wratten & Altieri (eds). Ecological engineering for pest Management. Advances in habitat manipulation for arthropods. Chapter 2: 13-32. CSIRO Publishing, Australia. 225 pp
- Capinera, J.L. (2014). Fall armyworm. *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith). Univ. Of Florida, USA; EENY-98 FDACS/DPJ/EDIS 9pp.
- Gurr, G.M., Wratten, S.D. & M.A. Altieri (2004). Ecological engineering for pest Management. Advances in habitat manipulation for arthropods. CSIRO Publishing, Australia. 225 pp
- IRAC (Insecticide resistance action Committee). IRAC MoA Classification Scheme: <http://www.irac-online.org/documents/moa-classification/?ext=pdf> (verificado el 21 de Julio de 2014).
- Kessler, A. & Baldwin, I.T. (2001). Defensive function of herbivore-induced plant volatile emissions in nature. *Science* 291: 2141-2143.
- Murúa G. (2014). Principal plaga de maíz en el NOA: *Spodoptera frugiperda*. Resumen preparado para el 2do Taller de Insectos en Maíz, 14 pp.
- Salvatore, A., Murúa, G., Fogliata, S., Isas, M, Pilar Pérez, M. Y E. Willink (2014). *Diatraea saccharalis* (Fabricius) en el NOA. Resumen preparado para el 2do Taller de Insectos en Maíz, 9 pp.
- Thompson J.N, (1988). Evolutionary ecology of the relationship between oviposition preference and performance of offspring in phytophagous insects. *Entomol. Exp. Appl.* 47: 3-14.
- Thompson, J.N. & O. Pellmyr (1991). Evolution of oviposition behaviour and host preference in lepidoptera. *Annu. Rev. Entomol.* 36: 65-89.
- Virla, E. (2014). Los enemigos naturales del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) ¿podremos ponerlos a nuestro servicio? Resumen preparado para el 2do Taller de Insectos en Maíz, 15 pp.
- Zehnder, G., Gurr, G.M., Kuhne, S., Wade, H.R., Wratten, S.D. & E. Wyss (2007). Arthropod pest management in organic crops. *Reviews in Advance of Annu. Rev. Entomol.* 2007 52: 57-80.

## **8- Lista de Participantes**

( por orden alfabético)

Abratti, Gustavo - DuPont Pioneer  
Avila, Anselmo - DuPont Pioneer  
Beltramino, Ignacio - DuPont Pioneer  
Bibiloni, Alejandro - DuPont Pioneer  
Capristo, Pedro - DuPont Pioneer  
Casmuz, Augusto - EEAOC- CONICET  
de Esteban, Marcelo - Dow Agrosciences  
Degiovanni, María Victoria - Inase  
Duarte, Gustavo - Asesor privado  
Gamundi, Juan Carlos – INTA Oliveros  
García Frugoni, Fernando - Asesor CREA La Paz, Coord. Región Litoral Sur.  
Gismano, Luciana - Dow Agrosciences  
Gramuglia, Patricia - Direcc de Biotecnología del MAGyP  
Iannone, Nicolás - INTA Pergamino  
Igarzabal, Daniel - Univ. Católica de Cba- MOHA S.A, Monitoreo de Plagas.  
La Ragione, Leandro - Pannar  
Martin, Teresita - DuPont Pioneer  
Morcillo, Martin - DuPont Pioneer  
Morre, Jorge – DuPont Crop Protection  
Mosca, Carla - Inase - Reg de Variedades  
Muller, Rolf - Asesor CREA Larroque - Gualeguay  
Murua, Gabriela - EEAOC- CONICET  
Parodi, Gustavo – DuPont Agro  
Passalacqua, Silvia - Senasa  
Peralta, Roberto - Univ Nac Cba- Entomólogo  
Petroff, Sergio - DuPont Pioneer  
Saluso, Adriana - INTA Paraná  
Sanchez, Marcelo - Senasa  
Satorre, Emilio - AACREA  
Solfanelli, Pablo - Asesor Córdoba  
Sundblad, Tomás - DuPont Pioneer  
Toscano, Mariano - DuPont Pioneer  
Ulises, Gerardo - Dow Agrosciences  
Vesprini, Facundo - Direcc de Biotecnología del MAGyP  
Virla, Eduardo - FML; CONICET, PROIMI-biotecnología  
Willink, Eduardo - EEAOC- CONICET

---

---

Buenos Aires, 19 de Agosto de 2014