

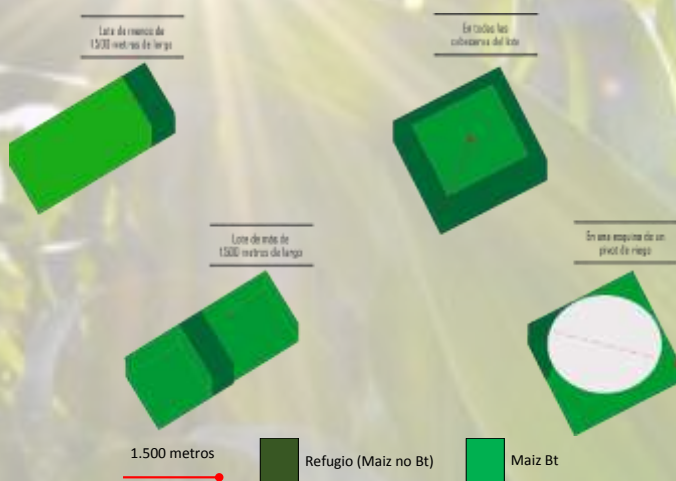
Estrategias de Manejo de la Resistencia

El objetivo del manejo de la resistencia es prevenir o demorar la evolución de resistencia a campo y el propósito es disminuir los riesgos de fallas de control de las plagas blanco. Las estrategias más comunes incluyen:

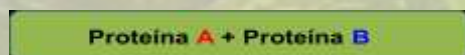
Adopción del refugio:

El termino refugio se refiere a una porción de la parcela sembrada con maíz que no tiene el gen del *Bt* dicho cultivar debe ser un maíz convencional con un ciclo similar al cultivo *Bt* debe ser sembrado en la misma fecha. El área recomendada para el refugio es establecida por las empresas semilleras y el órgano regulador oficial del país, en función al evento a ser empleado.

La función del área de refugio es suministrar insectos susceptibles para aparear con los insectos resistentes originados en el cultivo *Bt* el objetivo es retardar la evolución de la resistencia. Se debe evitar el uso de productos químicos en el área del refugio.



Eventos piramidados (con más de una proteína en la planta):



Las proteínas deben actuar en receptores distintos y promover alta mortalidad de las plagas-blanco.

Los individuos resistentes a la proteína A serán controlados por la proteína B y los individuos resistentes a la proteína B serán controlados por la proteína A.



Cultivos *Bt* (eventos) Liberados en Paraguay

Cultivos	Proteínas <i>Bt</i>	Características conferidas
Maíz	• cry1Ab - Maiz Yielgard	Resistencia a lepidópteros
	• cry1A.105 y cry2Ab2 cry3Bb - VT3PRO	Resistencia a lepidópteros y coleópteros
	• cry1F - Herculex	Resistencia a lepidópteros
	• cry1A.105, cry2Ab2, cry1F - Power core • vip3A19 - MIR162 • vip3A20, Cry1F- Mir162-BTI	Resistencia a lepidópteros
Soja	• cry1Ac - INTACTA	Resistencia a lepidópteros
Algodón	• cry1Ac - Bollgard • cry1Ac, cry2Ab2	Resistencia a lepidópteros



MANEJO DE RESISTENCIA DE INSECTOS A CULTIVOS DE MAÍZ *Bt*



UNI
Universidad
Nacional de
Itapúa



CONACYT
Consejo Nacional
de Ciencia y
Tecnología

Proyecto 14-INV-134 "Efecto del cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidóptero: *Noctuidae*) sobre híbridos de maíz transgénico y respectivos híbridos isogénicos convencionales, en dos localidades y épocas de siembra".

Financiado por el Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología, a través del Programa Paraguayo para el Desarrollo de la Ciencia y Tecnología (PROCIENCIA, con recursos del Fondo para la Excelencia de la Educación e Investigación.

Proyecto 14-INV-134

"Efecto del cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidóptero: *Noctuidae*) sobre híbridos de maíz transgénico y sus respectivos híbridos isogénicos convencionales, en dos localidades y épocas de siembra"

Plagas en Maíz

El número de insectos encontrados en el cultivo de maíz es bastante elevado. Sin embargo, solamente algunas especies constituyen problemas en la producción, dependiendo de las condiciones ambientales de la localidad. Los datos relacionados a los daños causados por las principales plagas del maíz son pocos, pero, se han verificado daños entre el 30 y el 60% sobre el rendimiento.

Los insectos plagas pueden atacar al maíz en intensidades diferentes, considerándose plagas clave según la intensidad del daño que causan. Así también y de modo general, se ha observado mayor severidad de daños de insectos plagas en zafra tardía.

El cogollero del maíz, *S. frugiperda*, por sus características y presencia casi normal en todos los años en el cultivo –y prácticamente en toda la fase de desarrollo de la planta– es considerada la plaga clave. No obstante, existen otras especies de insectos que son igualmente importantes y en ciertas condiciones, hasta más severas que el cogollero del maíz. Las plagas que atacan en los estadios iniciales del desarrollo de la planta son la broca *Elasmopalpus lignosellus*, y varias especies de insectos chupadores, como trips, *Frankliniella spp.*, cigarrita verde, *Dalbulus maidis* y la chinche barriga verde, *Dichelops spp.*, esta última particularmente es importante en siembra tardía. Por tanto, es fundamental un manejo adecuado de las plagas en las etapas iniciales del cultivo, principalmente, para asegurar buen stand de plantas y buen desarrollo inicial.

Cultivo de Maíz Transgénico

Con el maíz genéticamente modificado, que contiene el gen del *Bacillus thuringiensis* (*Bt*), cambió la situación del manejo de plagas del orden lepidóptero (*S. frugiperda*; *Helicoverpa zea*; *Diatraea saccharalis*). Esta tecnología pasó a ser rápidamente una de las principales estrategias de manejo integrado de plagas del maíz, ocupando casi el 90% del área sembrada.



Proteínas Bt y plagas que controla

Maíz:
 •Cry1Ab:
 •Cry1F:
 •Cry1A.103:
 •Cry2Ab:
 •VIP3A

Spodoptera frugiperda
Helicoverpa zea
Diatraea saccharalis
Diatraea speciosa



Beneficios del Maíz Bt

El cultivo del maíz *Bt* ofrece importantes ventajas para los productores:

Eficiencia de control de plagas:

El agricultor evita gastos innecesarios en insecticidas para controlar el gusano del cogollero y otros insectos plagas, lo que tiene ventajas económicas. Esto también ahorra tiempo ya que no hará falta hacer varias aplicaciones.

Ahorro de agua y combustible:

Como el agricultor no necesita aplicar insecticidas con tanta frecuencia, puede haber una reducción en el uso del tractor en el campo. En consecuencia, esto reduce el uso de combustible y produce menos contaminación del aire, ríos y suelos. La adopción del maíz *Bt* también ayuda a ahorrar agua, ya que el agricultor no tiene que rociar el cultivo con tanta frecuencia.

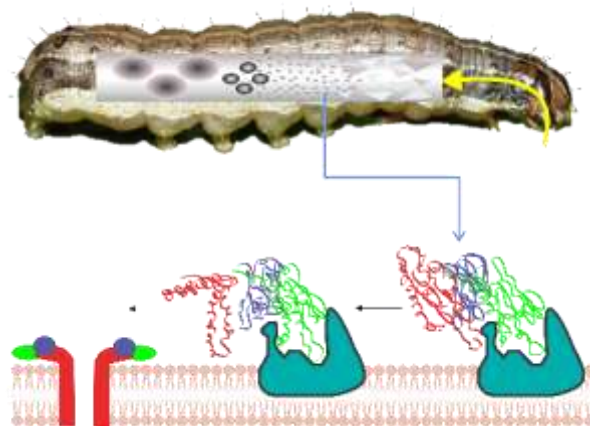
Mayor seguridad para el productor:

La menor exposición de los trabajadores a los insecticidas tiene un impacto positivo en su salud. Los estudios muestran que la mayoría de las intoxicaciones por agroquímicos se deben a la exposición directa y no al consumo de alimentos tratados con ellos.

Mecanismo de Acción del Gen Bt

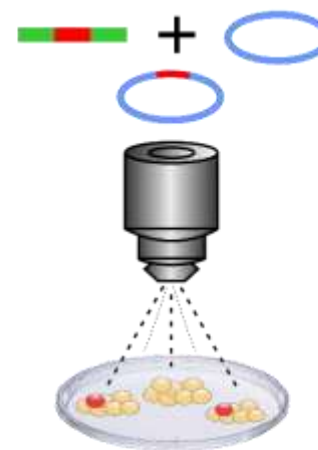
Las orugas, al alimentarse del tejido foliar de maíz genéticamente modificado con *Bt* ingieren los cristales de proteína, que se disuelven, y las protoxinas disueltas son entonces unidas a las proteínas intestinales del tipo tripsina, activando las toxinas.

Las toxinas activadas se unen a las células de la superficie del intestino medio, causando aumento del volumen y ruptura de las mismas y, consecuentemente, destruyendo las células epiteliales del intestino medio. La destrucción del epitelio del intestino medio ocurre debido al cambio en su equilibrio osmótico.



Mecanismo de acción de la proteína Bt en la *Spodoptera* (De Maagd et al. 2001)

Clonación y diseño de construcción genética con el gen de interés



Transformación vegetal

Biolística, Agrobacterium, Microinyección, etcétera.

Integración del gen con el genoma vegetal

Multiplicación celular

Selección y regeneración de plantas transformadas

Plantas transformadas con el gen de interés



Resistencia a Cultivos Bt

El escenario actual de manejo integrado de lepidópteras plagas está lleno de dudas y cuestionamientos en torno al cultivo de maíz; para la *Spodoptera* en la atmósfera existen condiciones adecuadas para el desarrollo de resistencia.

La resistencia es definida como la capacidad de una población de insectos de determinada especie, de soportar dosis de insecticidas que serían letales para una población normal de organismos de la misma especie.

