

**EVALUACIÓN DE DIFERENTES INSECTICIDAS PARA EL CONTROL DE "LA ISOCA DE LA ESPIGA" *Helicoverpa zea* (Boddie) EN EL CULTIVO DE MAÍZ**

Trabajo Final de Grado  
del alumno

**RODOLFO SANTIAGO TORREGROSA**

Este trabajo ha sido presentado como requisito  
para la obtención del título de

**Ingeniero Agrónomo**

Carrera

**UNNOBA**

*Reforma Universitaria*  
**Ingeniería Agronómica**

NOROESTE BUENOS AIRES

**Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales.  
Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires.**

Pergamino,.....

**EVALUACIÓN DE DIFERENTES INSECTICIDAS PARA EL CONTROL DE "LA ISOCA DE LA ESPIGA" *Helicoverpa zea* (Boddie) EN EL CULTIVO DE MAÍZ**

Trabajo Final de Grado

del alumno

**RODOLFO SANTIAGO TORREGROSA**

Aprobada por el Tribunal Evaluador

(Nombre y Apellido)  
**Evaluador**

(Nombre y Apellido)  
**Evaluador**

(Nombre y Apellido)  
**Evaluador**

(Nombre y Apellido)  
**Co-Director**

(Nombre y Apellido)  
**Director**

**Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales,  
Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires**

Pergamino,.....

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar agradezco a mis padres por el apoyo incondicional brindado a lo largo de todo este tiempo y por otorgarme la posibilidad de formarme como profesional.

A mis directores, Ing. Mariano José Luna y Lic. Juan Martín Peña, por aceptarme para realizar este trabajo final de grado en forma conjunta, pero principalmente por ayudarme, guiarme, enseñarme y estar predispuestos a lo largo de este camino.

A Germán Mena y Manuel Díaz, amigos y compañeros que encontré en la EEA Pergamino, que siempre se brindaron y mostraron buena voluntad al momento de ayudarme.

Por último pero no menos importante, no quiero dejar de agradecer a mis amigos, mi novia y familiares que estuvieron cerca mío durante todo este tiempo.

## ÍNDICE

Primer portada.....	i
Segunda portada.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
ÍNDICE.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
RESUMEN.....	viii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Cultivo de maíz.....	1
1.1.1 Desarrollo del cultivo .....	1
1.2 <i>Helicoverpa</i> (ex <i>Heliothis</i> ) <i>zea</i> (Boddie, 1850) .....	2
1.2.1 Ciclo de vida y descripción .....	3
1.2.1.1 Huevos.....	3
1.2.1.2 Larvas .....	4
1.2.1.3 Pupas.....	5
1.2.1.4 Adultos .....	7
1.3 Daños al cultivo de maíz .....	9
1.4 Control químico .....	12
HIPÓTESIS.....	18
OBJETIVO GENERAL.....	18
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
2. MATERIALES Y MÉTODOS .....	19
2.1 Sitio de estudio.....	19
2.2 Manejo del cultivo.....	19
2.3 Diseño experimental.....	20
2.4 Momento y calidad de aplicación de los tratamientos .....	20
2.5 Muestreos .....	22
2.6 Determinación de la eficiencia de control.....	23
2.7 Determinación del daño causado por larvas .....	24
2.8 Determinación de los rendimientos y el peso de mil granos (PMG) .....	25
2.9 Análisis estadístico .....	25

3. RESULTADOS .....	26
4. DISCUSIÓN.....	31
4.1 Relación entre la captura de adultos y el número de huevos en los tratamientos....	31
4.2 Número y tamaño de larvas en espigas de maíz en los tratamientos .....	34
4.3 Eficiencia de control de insecticidas con diferentes modos de acción sobre larvas de <i>H. zea</i> .....	35
4.4 Eficiencia de control del Clorantraniliprole a dos dosis sobre larvas de <i>H. zea</i> .....	37
4.5 Daños ocasionados por larvas de <i>H. zea</i> en las espigas de maíz en los diferentes tratamientos evaluados .....	38
4.6 Impacto de los tratamientos sobre el rendimiento y el PMG de maíz.....	39
5. CONCLUSIONES .....	41
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Helicoverpa zea</i> . Número de huevos totales en los distintos tratamientos según 3 recuentos. Pergamino, 2015-2016.....	27
Tabla 2. <i>Helicoverpa zea</i> . Número de larvas por espiga de maíz para cada tratamiento según 4 recuentos. Pergamino, 2015-2016.....	28
Tabla 3. <i>Helicoverpa zea</i> . Eficiencias de control químico (%) logradas para cada tratamiento según recuentos. Pergamino, 2015-2016.....	29
Tabla 4. <i>Helicoverpa zea</i> . Número de celdas promedio por espiga afectadas para cada tratamiento. Pergamino, 2015- 2016.....	29

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Escala fenológica del maíz según Ritchie & Hanway (1982). (Extraído de Cárcova <i>et al.</i> , 2008).....	1
Figura 2. Tarjetas hidrosensibles. ....	21
Figura 3. Calibre milimetrado utilizado para la determinación del tamaño de las larvas. ....	22
Figura 4. Trampa de luz de la EEA Pergamino. ....	23
Figura 5. Gradilla milimetrada.....	24
Figura 6. <i>Helicoverpa zea</i> . Número de adultos semanales capturados en trampas de luz. Pergamino, 2015-2016. ....	26
Figura 7. <i>Helicoverpa zea</i> . Número de huevos por espiga en cada tratamiento. Pergamino, 2015-2016. T=Testigo; 1=Clorantraniliprole 40 cm <sup>3</sup> /ha; 2=Clorantraniliprole 80 cm <sup>3</sup> /ha; 3=Metoxifenocide 200 cm <sup>3</sup> /ha; 4=Metomil 250 gr/ha. ....	26
Figura 8. <i>Helicoverpa zea</i> . Número y tamaño de larvas por espiga en el testigo según fechas de recuentos. Pergamino, 2015-2016. ....	27
Figura 9. <i>Helicoverpa zea</i> . Evolución del tamaño de las larvas para cada tratamiento. Pergamino, 2015-2016. T=Testigo; 1=Clorantraniliprole 40 cm <sup>3</sup> /ha; 2=Clorantraniliprole 80 cm <sup>3</sup> /ha; 3=Metoxifenocide 200 cm <sup>3</sup> /ha; 4=Metomil 250 gr/ha. ....	28
Figura 10. Rendimientos obtenidos para cada tratamiento. Pergamino, 2015-2016. ....	30
Figura 11. PMG obtenidos para cada tratamiento. Pergamino, 2015-2016. ....	30

## RESUMEN

El maíz (*Zea mays* L.), en Argentina, es el segundo cultivo más importante en superficie sembrada, ubicándose detrás de la soja, con una producción promedio de 33,8 millones de toneladas. Dentro del complejo de insectos que afectan al maíz, la “isoca de la espiga” *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) (Lepidoptera: Noctuidae) es una de las especies de mayor importancia. Este lepidóptero polifitófago y cosmopolita, está caracterizado por su gran voracidad y difícil control. Si bien existen varios agentes de control biológico de la especie, el control químico es la principal herramienta utilizada en el manejo de *H. zea*. Se planteó como objetivo principal evaluar la eficiencia de diferentes insecticidas para el control de larvas de *H. zea* durante la etapa fenológica de panojamiento y emergencia de estigmas del cultivo de maíz. El ensayo se realizó en la EEA Pergamino, durante la campaña agrícola 2015-2016. Se sembró el híbrido Dekalb 72-10 RR<sub>2</sub> el 11 de diciembre de 2015 bajo siembra directa y se utilizó un DCA con tres repeticiones. Las dimensiones de las parcelas fueron de 9,1 metros de ancho (13 surcos) por 38 metros de largo. Los momentos de aplicación fueron: 1) Panojamiento (VT); 2) 50% de emergencia de estigmas (R1) y 3) 80% de emergencia de estigmas (R1). Las aplicaciones se realizaron con una pulverizadora experimental autopropulsada de alto despegue. Se registró la captura de adultos en trampas de luz, la cantidad de posturas, el número y tamaño de larvas por espiga, la eficiencia de control de cada tratamiento evaluado, el daño que ocasionaron las larvas en las espigas, y el rendimiento obtenido para cada parcela. Las variables estudiadas fueron analizadas estadísticamente mediante ANAVA, y se utilizó el test de LSD Fisher ( $\alpha= 0,05$ ) para comparar las medias de los tratamientos empleando el paquete estadístico INFOSTAT. Las parcelas testigos registraron el mayor número de larvas por espiga a lo largo de los distintos recuentos, siendo de 8,47 larvas/espiga en el primer recuento (13/02/16) y 6,88 larvas/espiga en el segundo recuento (17/02/16). No se encontraron diferencias significativas en cuanto a la eficiencia de control promedio de los distintos tratamientos evaluados, siendo Clorantraniliprole a 80 cm<sup>3</sup>/ha el que registró el mayor valor (43,85%).

**Palabras clave:** *Helicoverpa zea*, *Zea mays*, control químico, insecticidas, momento de aplicación

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Cultivo de maíz

El maíz (*Zea mays* L.) es un cereal de verano perteneciente al orden *Poales*, familia *Poaceae*, subfamilia *Panicoideae*, tribu *Maydeae*, género *Zea* (Acosta, 2009). Junto con el trigo y el arroz es uno de los cereales más importantes a nivel mundial. En Argentina, el maíz es el segundo cultivo más importante en superficie sembrada, ubicándose detrás de la soja. Para la campaña 2014/15, se sembraron aproximadamente 6,03 millones de hectáreas de maíz, con una producción promedio de 33,8 millones de toneladas según datos de la Bolsa de Comercio de Rosario (BCR, 2015). Es un producto agrícola muy importante tanto en la alimentación humana como animal, constituyéndose en una materia prima de gran importancia para el uso industrial (Sánchez Ortega, 2014).

### 1.1.1 Desarrollo del cultivo

La progresión de etapas por las que atraviesa un cultivo se conoce como desarrollo. Según Cárcova *et al.* (2008) a lo largo del ciclo del cultivo de maíz se pueden distinguir distintas fases de desarrollo, determinadas por cambios cualitativos en los órganos en formación (Figura 1).

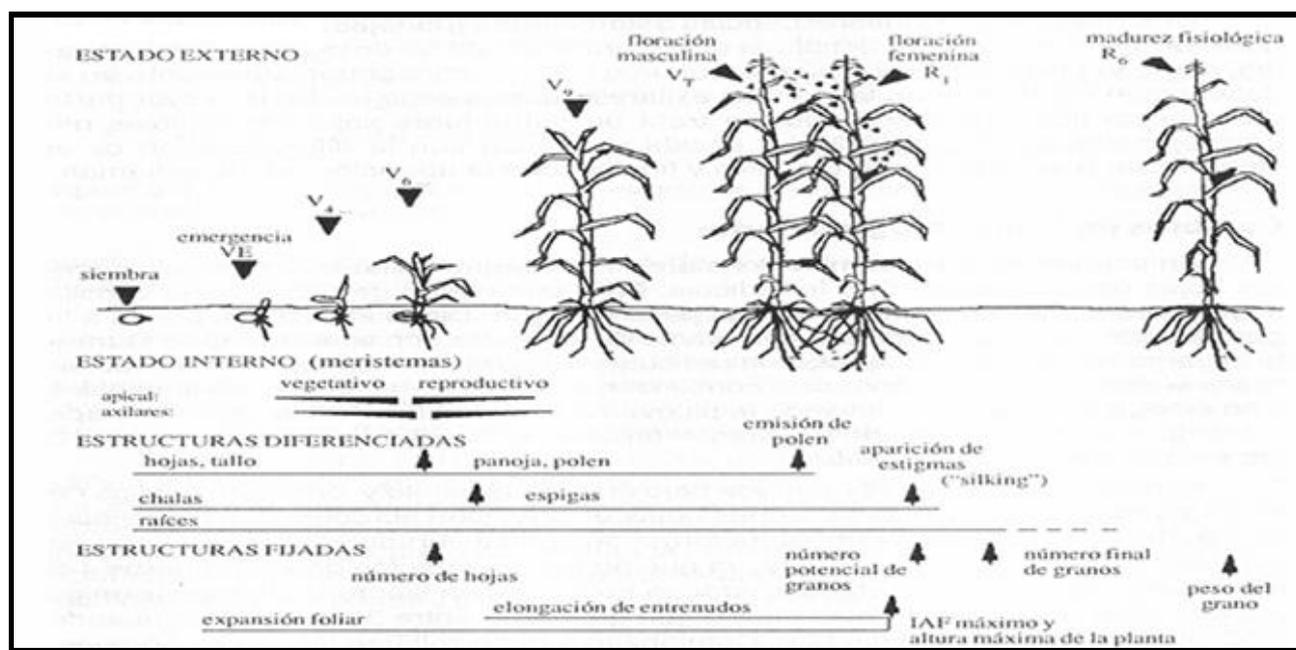


Figura 1. Escala fenológica del maíz según Ritchie & Hanway (1982). (Extraído de Cárcova *et al.*, 2008).

La escala fenológica más utilizada para describir el desarrollo del cultivo de maíz es la de Ritchie & Hanway (1982), que utiliza caracteres morfológicos externos (macroscópicos). En ella se pueden distinguir dos grandes períodos: el vegetativo (V) y el reproductivo (R). El primero se subdivide en estadios identificados con la letra V y un subíndice, que señala el número de orden de la última hoja completamente expandida (lígula visible), al momento de la observación. El índice VE se utiliza para identificar la emergencia del cultivo. El número total de subdivisiones del período vegetativo varía con el genotipo y el ambiente considerado, por influir ambos en el número final de hojas. Una vez producida la aparición de todas las hojas, el estado es definido por la aparición de la panoja (VT= panojamiento). El período reproductivo, subdividido en estadios identificados con la letra R y un subíndice, comienza con la emergencia de los estigmas (R1), continúa con el cuaje (R2) y el llenado de los granos (R3= grano lechoso; R4= grano pastoso y R5= grano duro) y finaliza con la madurez fisiológica (R6).

### **1.2 *Helicoverpa (ex Heliothis) zea* (Boddie, 1850)**

Uno de los factores que puede comprometer el rendimiento y la calidad de la producción de maíz es la incidencia de plagas insectiles, las cuales pueden causar daños al cultivo y mermas en la producción, con un importante impacto económico (Flores, 2010).

Dentro del complejo de insectos que afectan al maíz, la “isoca de la espiga” *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) (Lepidoptera: Noctuidae) es una de las especies de mayor importancia, debido a que se presenta regularmente durante todas las campañas agrícolas, sumado a la tendencia cada vez más acentuada a sembrar tarde el maíz para obtener una mayor disponibilidad hídrica al momento de mayores requerimientos (Balbi y Flores, 2015).

Este lepidóptero tiene una amplia distribución en el mundo, especialmente en el cono sur de Sudamérica, donde sus poblaciones son endémicas en Argentina, Brasil, Paraguay, Chile y Uruguay. En el continente americano se encuentra desde Canadá hasta el sur de la Argentina (Pastrana citado por Tulli *et al.*, 2016).

Es una especie polifitófaga que se alimenta de al menos 30 cultivos (Slosser *et al.*, 1987) y posee más de 100 hospedantes silvestres (Capinera, 2014). Entre los cultivos más relevantes que *H. zea* afecta, se encuentran el sorgo granífero (*Sorghum bicolor* L.), algodón (*Gossypium hirsutum* L.), tabaco (*Nicotiana tabaccum* L.), soja (*Glycine max* M.), tomate (*Solanum lycopersicum* L.), lechuga (*Lactuca sativa* L.), entre otros, aunque es el maíz su principal hospedero. También es conocida con los nombres comunes de "isoca de la panoja del sorgo", "isoca del fruto del tomate", "isoca del brote del tabaco", "isoca de las vainas de la soja", "isoca de la cápsula del algodón", entre otros [Centre for Agriculture and Biosciences International (CABI, 2017)].

### **1.2.1 Ciclo de vida y descripción**

El ciclo de vida de *H. zea* consiste en cuatro etapas: huevo, larva, pupa y adulto. La duración del ciclo varía con la temperatura, la humedad y el fotoperiodo, aunque la secuencia y la disponibilidad de hospedantes podrían influir sobre el número de generaciones por año (Fitt, 1989).

En los meses de verano, cada generación de esta plaga se extiende por aproximadamente 30 días, pero puede ser de hasta 60 días en los meses más fríos (Quaintance & Brues, 1905).

En Argentina, en la pampa húmeda en particular, el ciclo dura en promedio 42 días (Rivera *et al.* citado por Quiles, 2011). Este lepidóptero presenta 3 generaciones anuales en la región pampeana y 4-5 en el norte del país, siendo la pupa la forma de resistencia invernal (Urretabizkaya *et al.*, 2010). Mientras que en las regiones tropicales se desarrolla ininterrumpidamente durante todo el año, habiéndose registrado hasta 11 generaciones (Fitt, 1989).

#### **1.2.1.1 Huevos**

Los huevos recientemente ovipuestos por los adultos presentan una coloración verde pálida, con el tiempo se tornan amarillentos, y cuando están próximos a eclosionar toman

una coloración grisácea (Capinera, 2014). La forma varía ligeramente de cúpula a esfera aplanada, con 12 o más crestas que radian desde su parte superior (Quiles, 2011).

Presentan un diámetro aproximado de 0,5-0,6 mm por 0,5 mm de altura. Los huevos eclosionan generalmente a los 3-4 días de ser ovipuestos (Capinera, 2014), aunque ante primaveras frescas se puede retrasar hasta 8 días (Quaintance & Brues, 1905).

### **1.2.1.2 Larvas**

La morfología básica de las larvas es similar a la de otras especies de noctuidos (Lepidoptera: Noctuidae), con un cuerpo cilíndrico, 3 pares de patas torácicas negras y cortas (Quaintance & Brues, 1905) y cinco pares de pseudopatas (espuripedios) cubiertas de setas: cuatro pares en los segmentos abdominales 3 al 6 y un par en el último segmento del abdomen (Quiles, 2011).

Las larvas jóvenes no presentan un comportamiento caníbal, por lo que muchas larvas pueden alimentarse de una misma espiga inicialmente. Sin embargo, a medida que maduran se van volviendo muy agresivas, matando y alimentándose de otras larvas. Es por esto que generalmente se encuentra una sola larva en cada espiga de maíz (Capinera, 2014).

Las larvas en su último estadio alcanzan a medir entre 35-45 mm de largo, pudiendo presentar una gran diversidad de colores, entre ellos ejemplares amarillentos, parduscos, rosados y verdosos, pero todas presentan como característica una franja blanca lateral zigzagueante (Vincini y Álvarez Castillo, 2000). Debido a que existe una variación sustancial en la coloración del cuerpo de las larvas, se utilizan otras características para identificar la especie. El tamaño de la cápsula cefálica, la distribución de las microespinas oscuras situadas a lo largo del cuerpo y el número de pseudopatas son herramientas que pueden ayudar a distinguir las larvas de *H. zea* de otras plagas de lepidópteros comunes en el maíz (Hardwick, 1965).

Comúnmente *H. zea* presenta entre cinco y seis estadios larvales, aunque se han registrado hasta ocho (Capinera, 2014). El número de estadios depende de varios factores, entre los cuales se destacan por un lado, el fotoperiodo y la temperatura involucrada en su desarrollo (Hardwick, 1965), y por el otro, la calidad de la dieta en etapas tempranas del desarrollo larval, tal como ocurre en otras especies de lepidópteros (Quaintance & Brues, 1905).

Al igual que con los huevos, el tiempo en el que se cumple el desarrollo larval depende de las condiciones ambientales, principalmente temperatura, la cual juega un rol fundamental, debido que a medida que las temperaturas aumentan, el desarrollo larval se acelera acortando el ciclo. Es por esto que a 30°C, el desarrollo larval se cumple durante un período de 12-19 días, mientras que a 25°C se cumple en un lapso de 20-25 días aproximadamente (Butler Junior, 1976).

### **1.2.1.3 Pupas**

Completado el desarrollo larval, las larvas maduras abandonan las espigas mediante un orificio que producen en las chalas, se arrojan al suelo y construyen una cámara a 5-10 centímetros de profundidad para poder empupar (Capinera, 2014).

Una vez que se forma la celda pupal, hay un período de 2-4 días de quiescencia pre-pupal en el cual la larva disminuye en longitud, el centro se vuelve más grueso, cónica o ahusada distalmente, y las constricciones intersegmentales se hacen más evidentes (Quaintance & Brues, 1905).

Las pupas completamente formadas son obiectas, comúnmente conocidas como "crisálidas" (los apéndices como las antenas, piezas bucales, esbozos alares y patas están soldados al cuerpo de la pupa), fuertemente esclerotizadas, de forma oval alargada (Quaintance & Brues, 1905), de color caoba-marrón y de 17-22 mm de longitud por 5,5 mm de ancho (Capinera, 2014).

*Helicoverpa zea* sobrevive el invierno en el estadio de pupa, y tanto el fotoperiodo como la temperatura parecen ser las señales dominantes con fuertes efectos interactivos

para inducir la diapausa. La isoca de la espiga del maíz puede entrar en diapausa por un tiempo de hasta 20 meses como estrategia para evitar condiciones adversas (Phillips & Newsom, 1966).

Ditman *et al.* (1940) encontraron que el 50% de las larvas criadas a 19°C desarrollaron pupas que entraron en diapausa. Se requieren temperaturas iguales o superiores a 21°C para la liberación de hormonas que desencadenen la terminación de la diapausa (Zhang & Denlinger, 2012).

Fotoperiodos mayores a 13 horas por día suprimen por completo la diapausa, mientras que fotoperiodos de 10 horas por día maximizan la inducción de la misma (Phillips & Newsom, 1966).

Las tasas de inducción a la diapausa se optimizan mediante un fotoperiodo corto y bajas temperaturas. Sin embargo, el efecto de un fotoperiodo corto en la inducción de la diapausa se puede contrarrestar si las temperaturas aumentan, y en el mismo sentido, temperaturas bajas pueden ser contrarrestadas por fotoperiodos largos (Phillips & Newsom, 1966).

La capacidad para sobrevivir el invierno de *H. zea* depende de si la pupa se encuentra en diapausa o no, ya que si la pupa se encuentra en diapausa, ésta tiene un punto más bajo de sobre-enfriamiento [supercooling point (SCP)], una temperatura letal más baja [lethal temperature (LT50)] y también puede sobrevivir por períodos más largos a temperaturas cercanas a LT50. Pupas en diapausa sobreviven a temperaturas significativamente más bajas del suelo y tienen un SCP menor que las pupas que no entraron en diapausa (Morey *et al.*, 2012).

Morey *et al.* (2012) reportaron valores de SCP de -19.3°C y -16.4°C para pupas en diapausa y sin diapausa, respectivamente. Los valores de LT50 para pupas en diapausa y sin diapausa fueron de -13°C y -10°C, respectivamente. La diferencia en el tiempo a la mortalidad entre pupas en y sin diapausa es significativo. Por ejemplo, a 0°C, el tiempo

para alcanzar el 50% de mortalidad de pupas sin diapausa y en diapausa es de 474 h y 1.127 h, respectivamente (Morey *et al.*, 2012).

Si las larvas empupan durante los meses de verano, el desarrollo de las mismas continuaría directamente a la emergencia de adultos. Sin embargo, si las larvas se convierten en pupas en el otoño, como los días se acortan y las temperaturas disminuyen, entrarían en diapausa. Si la diapausa ocurre en una región con inviernos benignos, los adultos emergerían en la primavera siguiente, pero si los inviernos son rigurosos, en consecuencia, las pupas podrían experimentar una elevada mortalidad invernal (Hardwick, 1965).

El estadio de pupa dura aproximadamente 13 días durante el verano, con un rango de 10-25 días dependiendo de las condiciones ambientales (principalmente temperatura), tras los cuales emergen los adultos reiniciando una nueva generación (Capinera, 2014).

#### **1.2.1.4 Adultos**

Los adultos de *H. zea* son polillas de 30-40 mm de envergadura alar y antenas largas filiformes. Las alas anteriores son de coloración parda olivácea con una banda y una mancha marginal parda, al igual que la cabeza y el tórax, mientras que el segundo par de alas son de tono amarillento, con el borde marginal más oscuro (Urretabizkaya *et al.*, 2010). La coloración y las marcas en el cuerpo de las polillas no son constantes, sino que presentan variaciones que están relacionadas más fuertemente con las temperaturas experimentadas durante la fase de pupa que con la planta huésped de la que se alimentan las larvas (Quaintance & Brues, 1905).

La infestación de los lotes de maíz por *H. zea* se debe en parte, a un sistema dinámico de movimientos poblacionales de las polillas adultas a escala local, regional y continental (Fitt, 1989). Movimientos a nivel de lote se producen cuando las polillas buscan alimentarse, reproducirse, sitios de oviposición, o bien requieren un hospedero alternativo (Lingren *et al.*, 1993).

En contraste a algunos noctuidos que son migrantes obligados, por ejemplo *Spodoptera exempta* (Gatehouse citado por Fitt, 1989), *H. zea* es una migrante nocturna facultativa de temporada, y los adultos migran en respuesta a las malas condiciones locales para la reproducción (escasez de fuentes de néctar para los adultos u hospedantes para las larvas). Los vuelos migratorios los realizan cuando las condiciones climáticas les son adecuadas (Fitt, 1989).

Las polillas pueden ejercer distintos movimientos poblacionales, entre ellos están los de corto alcance, los de largo alcance y la migración. La dispersión de corto alcance es por lo general dentro del lote, ligeramente por encima del follaje del cultivo, y en gran medida independiente de las corrientes de aire. Los vuelos de largo alcance son a mayor altura (hasta 10 m), de mayores recorridos (1-10 km), y por lo general a favor del viento, de un lote a otro. En cambio, los vuelos migratorios se producen a elevadas altitudes (hasta 1-2 km de altura) y pueden durar varias horas. Las polillas pueden recorrer cientos de kilómetros a favor del viento, 400 kilómetros no son raros para este tipo de vuelo migratorio. La dispersión transatlántica es claramente una posibilidad para esta polilla, aunque todavía no se ha demostrado (Fitt, 1989).

Las polillas son de hábitos nocturnos, comienzan a alimentarse, reproducirse y ovipositar una vez consumadas las elevadas temperaturas del atardecer y permanecen activas durante el período de oscuridad. Durante el día usualmente se ocultan en la vegetación, pero a veces se las puede observar alimentándose del néctar y otros exudados de las plantas (Capinera, 2014). Los adultos pueden visitar una amplia gama de hospederos para obtener energía a partir del néctar o los jugos vegetales liberados por ciertas especies. Los estudios sobre el polen aislado de los adultos muestran que los mismos visitan a especies vegetales tales como los cítricos, roble, rosa, sauce, áster y adelfilla para alimentarse de su néctar. Los adultos no se alimentan en los lotes de maíz, simplemente porque éste cultivo no produce néctar (Lingren *et al.*, 1993).

Las hembras adultas de *H. zea* se sienten atraídas por el etileno, una de las muchas sustancias volátiles producidas por los estigmas del maíz. Cuando una hembra virgen

detecta etileno en el ambiente, es estimulada para producir feromonas sexuales que atraen a los machos (Raina *et al.*, 1992).

La frecuencia de apareamiento de los imagos está relacionada con la temperatura, la relación macho-hembra y la edad. La mayoría de las hembras recolectadas en la naturaleza mediante trampas de luz contienen sólo un espermátforo (es decir, un evento de apareamiento), pero varios eventos de apareamiento son comunes (rangos de 1 a 6). Estudios de laboratorio han encontrado que la frecuencia de apareamiento aumenta con el aumento de la temperatura y la relación macho-hembra, pero la mayoría de las hembras cesan el apareamiento después de tres eventos (Hendricks *et al.*, 1970).

Las hembras adultas pueden oviponer entre 300-2.000 huevos, generalmente aislados o en pequeños grupos sobre la inflorescencia femenina del cultivo de maíz (Urretabizkaya *et al.*, 2010). Según Urretabizkaya *et al.* (2010) las hembras comienzan a oviponer a las 2 semanas de ser fecundadas, mientras que Quiles (2011) afirma que lo hacen al tercer día de emerger de la pupa. Los estigmas verdes del maíz son altamente atractivos para la oviposición de las hembras, pero incluso los estigmas secos ya maduros pueden recibir huevos. La alimentación de los adultos es un requisito previo fundamental para alcanzar altos niveles de producción de huevos, pudiendo una hembra alcanzar a depositar más de 35 huevos por día (Capinera, 2014).

Por lo general los adultos viven entre 5 a 15 días, pero pueden sobrevivir por más de 30 días bajo condiciones óptimas (Capinera, 2014).

### **1.3 Daños al cultivo de maíz**

Las razones por las cuales *H. zea* es considerada una plaga de gran importancia para las producciones de maíz son su alta fecundidad, los hábitos de alimentación polifitófagos de las larvas, la migración estacional facultativa de los adultos, y una diapausa pupal facultativa (Fitt, 1989).

Si bien movimientos de las larvas hacia las espigas del maíz desde otras partes de la planta son posibles, el mayor daño en las espigas se origina por aquellas larvas que eclosionaron de huevos que fueron ovipuestos en los estigmas (Hardwick, 1965). Es por esto, que los estigmas juegan un rol crítico en la infestación por esta especie, y éste conocimiento puede ser explotado en estrategias de manejo contra esta plaga (Olmstead *et al.*, 2016).

Los daños comienzan al poco tiempo de eclosionados los huevos. Las larvas neonatas presentan como comportamiento primario el consumo del corión de los huevos, luego continúan alimentándose de los estigmas externos de las espigas, para luego migrar hacia el interior de las mismas en menos de 24 horas. Por esta razón se considera que el tiempo en el cual el primer estadio larval es vulnerable a la acción de enemigos naturales, o al efecto de los insecticidas, es muy corto (Tulli *et al.*, 2016).

En el interior de las espigas las larvas de primer y segundo estadio no solo se alimentan de los estigmas internos (Tulli *et al.*, 2016), afectando la fecundación de los óvulos, produciendo por ende el característico "corrimiento de granos" (Iannone y Leiva, 1994), sino que también y más importante aún, se alimentan de los granos, fenómeno que se continúa en los siguientes estadios hasta finalizar el desarrollo larval (Tulli *et al.*, 2016).

Tulli *et al.* (2016) observaron que del total de huevos colocados por los adultos de *H. zea*, aproximadamente un 30% de los mismos lograron evolucionar hasta el tercer estadio larval. A partir de dicho estadio el daño en las espigas se incrementa significativamente, debido al marcado incremento de ingesta de la larva de esta especie.

El daño en las espigas ocasionado por las larvas de *H. zea* puede restringirse únicamente al ápice de la espiga, o en los casos más severos puede afectar hasta la mitad de la misma (Capinera, 2014). Además, al alimentarse de los granos del tercio superior de las espigas, crean vías de entrada a las enfermedades que son causadas generalmente por hongos que producen podredumbres de semillas (Cook & Weinzierl, 2004) y a insectos como el gorgojo *Sitophilus sp.* (Coleoptera: Curculionidae), "la polilla

del grano" *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera: Gelechiidae) y *Euxesta* sp. (Diptera: Otitidae), que reducen aún más la calidad del grano (Grützmacher *et al.*, 2000).

Por lo general las larvas permanecen alimentándose dentro de una sola espiga de maíz, pero ocasionalmente abandonan esa espiga y buscan otra para continuar alimentándose (Capinera, 2014).

Las larvas no solo se alimentan de los estigmas y los granos de la espiga, sino que también, aunque en menor medida, pueden consumir las hojas del cogollo, y en ocasiones la panoja. Severos ataques en las hojas le dan a la planta de maíz una apariencia irregular (Cook & Weinzierl, 2004).

A pesar de que *H. zea* es una grave plaga en los lotes de maíz, muchas veces la importancia económica de esta especie se ve limitada a lotes destinados a la producción de maíz dulce, o a los de producción de semilla (Cook & Weinzierl, 2004).

En los mercados de productos frescos de alto valor, la presencia de una larva de *H. zea* o su daño en la espiga de un maíz dulce directamente impide su comercialización. Si bien existen ocasiones en las que se aceptan espigas con daños limitados al ápice de la misma, esto ocasiona incrementos en los costos de procesamiento dado al corte de las puntas afectadas (Cook & Weinzierl, 2004; Ávila Pérez, 1999).

En los lotes destinados a la producción de semillas de maíz, los granos dañados representan pérdidas de rendimiento. Con igual importancia, la eliminación de los granos dañados en estos lotes se traducen en pérdidas adicionales de rendimiento, debido a las grandes cantidades de semillas de maíz sin daños que se descartan durante el proceso de separación mecánica (Cook & Weinzierl, 2004).

En Estados Unidos se ha considerado a *H. zea* como una de las plagas económicamente más importantes. En 1989 se determinó que el costo anual estimado por daños ocasionados por *H. zea* conjuntamente con *Heliothis virescens* en todos los cultivos en los Estados Unidos superaban los 1000 millones de dólares, a pesar de la inversión de

250 millones de dólares en la aplicación de insecticidas (Fitt, 1989). Más recientemente se estimó que los daños ocasionados por las larvas de *H. zea* en los lotes de maíz son de hasta un 2,5% anuales, con pérdidas en el sur de los Estados Unidos que varían desde 1,5-16,7%. Las pérdidas en maíz dulce pueden llegar a ser de hasta un 50% (Cook & Weinzierl, 2004), requiriendo aplicaciones de insecticidas cada 2-6 días de intervalo, o en algunas ocasiones aplicaciones diarias (Capinera, 2014).

En Brasil se evaluó que este insecto produce una disminución de la producción del 8%, de los cuales un 2% es atribuido como daño directo, 2% a la pudrición de granos y el restante 4% al consumo de estigmas que generan fallas en la fecundación de los granos. Sin embargo, en siembras tardías las pérdidas de rendimiento suelen ser mayores debido a la mayor población de adultos (de Carvalho citado por Zerbino y Fassio, 1995).

En Argentina, los daños ocasionados por "la isoca de la espiga" *H. zea*, son más frecuentes y acentuados en las siembras tardías de maíz (Tulli *et al.*, 2016). A nivel nacional las pérdidas de rendimiento por esta especie por lo general no superan el 10% del total de la producción de maíz (Urretabizkaya *et al.*, 2010), aunque los daños adquieren mayor importancia en los maíces dulces para choclo y pisingallos. En este último caso, por tratarse de espigas pequeñas, el porcentaje de daño resulta elevado (Iannone y Leiva, 1994).

#### **1.4 Control químico**

Si bien existen varios agentes de control biológico de *H. zea* citados en la literatura, no se han registrado elevadas eficiencias para causar niveles altos de mortalidad de las larvas, o para prevenir los daños en el cultivo. En la actualidad, el manejo de esta plaga se basa en la aplicación de insecticidas durante el período de emergencia de estigmas, ya que es en este estado cuando las espigas son susceptibles de sufrir el ataque (Quiles, 2011).

Para prevenir los daños realizados por *H. zea*, se utilizan insecticidas sintéticos, dada su disponibilidad, portabilidad y potencialidad para una rápida intervención en el control de las larvas (Pascucci, 2013). Los insecticidas son usualmente aplicados sobre el follaje en

formulaciones líquidas, pero para el control de esta especie existe una particular atención en la zona de la espiga, debido a que es de suma importancia aplicar estos productos sobre los estigmas de las mismas (Capinera, 2014).

Lotes de maíz con más del 5% de sus plantas con estigmas nuevos son susceptibles a daños si las hembras adultas de *H. zea* se encuentran activas (Capinera, 2014).

En Estados Unidos los huevos y larvas de esta especie a menudo no son monitoreados a campo en los lotes de maíz, debido a la dificultad de detectar los huevos por su pequeño tamaño, y en el caso de las larvas, por su hábito de introducirse rápidamente en el interior de las espigas o encontrarse ocultas entre los estigmas (Capinera, 2014). Es por esto que las decisiones de manejo de esta plaga mediante la aplicación de insecticidas generalmente están basadas en la frecuencia de adultos capturados en trampas de luz nocturnas o trampas de feromonas durante la emergencia de estigmas en el cultivo de maíz (Flood *et al.* citado por Olmstead *et al.*, 2016).

Ambos sexos son capturados en trampas de luz nocturnas, mientras que sólo los machos son atraídos por la feromona sexual. Ambos tipos de trampas dan una estimación de cuando las polillas invaden los lotes de maíz y de sus densidades relativas (Capinera, 2014). Investigaciones han establecido correlaciones positivas entre la cantidad de machos capturados por las trampas de feromonas sexuales y la correspondiente abundancia de hembras adultas capturadas usando las tradicionales trampas de luz nocturnas (Latheef *et al.*, 1991).

En lotes de maíz, Cook & Weinzierl (2004) afirman que el control podría ser necesario si una elevada masa de adultos de *H. zea* se presenta mientras los estigmas de las espigas permanecen frescos, pero las aplicaciones son generalmente consideradas innecesarias después de que el 90% de los estigmas se han secado y amarronado.

En lotes destinados a la producción de maíz dulce para procesamiento los productores utilizan un umbral de 10 polillas por trampa por noche, en cambio, el umbral se reduce a 5 polillas por trampa por noche en caso de que la producción de maíz dulce se destine al

mercado fresco. Para aquellos lotes destinados a la producción de semillas de maíz, se recomienda el control de esta plaga si ocurren vuelos de adultos significativos durante la fase de emergencia de estigmas (Cook & Weinzierl, 2004).

En Argentina, en cambio, Iannone (2011) manifiesta que es de suma importancia monitorear la presencia de huevos incluso antes de que aparezcan los estigmas verdes de las espigas de maíz. Donde es de utilidad utilizar a campo una lupa de mano de poco aumento, a fin de observar incluso después de una aplicación si a los 4-5 días hay oviposiciones nuevas, o si son los mismos huevos pero eclosionados (corion rotos).

Para el tratamiento químico, es de fundamental importancia tener en cuenta la bioecología de esta especie, principalmente por su muy corto período de huevos y porque normalmente las larvas neonatas alcanzan a introducirse en la punta de la espiga la misma noche en que eclosionaron esos huevos, quedando protegidas y fuera del alcance de los insecticidas que se apliquen con posterioridad (Iannone, 2011).

Por lo tanto para lograr una elevada eficiencia de control de esta especie necesariamente debe existir una muy alta cantidad de gotas pequeñas del caldo aplicado en el trayecto de la larva hacia el interior de la punta de la espiga, de lo contrario, los tratamientos de control serán muy deficientes cualquiera sea el producto y las dosis utilizadas. Por otro parte, debido a la naturaleza cerosa de los estigmas, resulta imprescindible agregar un buen tensioactivo al caldo de aplicación, a la dosis máxima del rango de dosis recomendadas (Iannone, 2011).

Es necesario seguir observando la presencia de nuevos desoves a los 3 días de la aplicación anterior, considerando que por lo general los picos poblacionales de esta plaga coinciden con la floración de maíces tardíos o de segunda (Iannone, 2011).

Los insecticidas sintéticos usados contra *H. zea* en lotes de maíz han evolucionado desde la década de 1940 (Johnson, 1944). Actualmente, el comité de acción contra la resistencia a insecticidas [Insecticide Resistance Action Committee (IRAC)] ha establecido que los insecticidas sintéticos que están registrados para su uso contra *H. zea* en lotes de

maíz representan varios modos de acción diferentes, incluidos los carbamatos (grupo IRAC 1A), piretroides (grupo IRAC 3A), espinosinas (grupo IRAC 5), oxadiazinas (grupo IRAC 22A) y diamidas antranílicas o bisamidas (grupo IRAC 28) (IRAC, 2017).

Los insecticidas carbamatos (por ejemplo Metomil) son ésteres del ácido carbámico que actúan a nivel del sistema nervioso central (SNC) inhibiendo la enzima acetilcolinesterasa (AChE), provocando la acumulación de acetilcolina (ACh) en la sinapsis, lo que produce una hiperexcitación del SNC, con contracciones rápidas de los músculos voluntarios y finalmente, parálisis y muerte. La toxicidad de los compuestos de este grupo es muy variable, pero todos son más rápidamente detoxificados y excretados que los organofosforados, aunque algunos carbamatos son muy tóxicos para mamíferos. Entre los insectos, estos productos son particularmente tóxicos para los himenópteros (parasitoides y abejas). Se degradan con facilidad en el ambiente, de modo que su persistencia no es un problema (Arregui y Puricelli, 2013). Las vías de penetración del Metomil en el insecto son por contacto e ingestión, en la planta tiene acción sistémica (Kahl, 2015). Además tiene la particularidad de presentar acción ovicida (Cabrera Lara, 2015).

Los piretroides son a menudo utilizados, pero existe una cierta preocupación por el desarrollo de resistencia a los insecticidas de este grupo, así como el interés de contar con productos más eficaces, selectivos, residuales y seguros para el medio ambiente (Jacobson *et al.*, 2009). Los nuevos grupos de insecticidas utilizados actualmente, como los reguladores de crecimiento [Insect Growth Regulators (IGR's)] y las diamidas antranílicas (surgidos a partir de 1980 y 2010 respectivamente) se caracterizan por ser de baja toxicidad y de uso seguro para el usuario, ya que son principios activos de clases toxicológicas III (banda azul) y/o IV (banda verde). Existen en el mercado formulaciones de estos insecticidas con eficacia comprobada sobre larvas de lepidópteros, que respetan a los enemigos naturales, por lo que poseen modos de acción específicos para la plaga blanco, y presentan mayor residualidad, por lo que deberían recomendarse aunque su costo sea superior (Musser & Shelton, 2003; Lai & Su, 2011; Leiva, 2013).

El proceso de la muda en los insectos está regulado por el esteroide ecdisona, comúnmente denominado "hormona de la muda". Las variaciones en la concentración de ecdisona en hemolinfa y tejidos gobiernan el proceso de la muda. Dentro de la familia química de los IGR's, las diacilhidracinas (grupo IRAC 18) son compuestos agonistas del receptor de ecdisona, que inducen la muda de los insectos en forma precoz e incompleta, siendo letales para las larvas tratadas (Arregui y Puricelli, 2013).

Las diacilhidracinas, (por ejemplo el insecticida Metoxifenocide), también conocidas como compuestos aceleradores de la muda (CAM), actúan especialmente sobre larvas y huevos de lepidópteros, con pocos efectos sobre otras especies, por lo que son considerados herramientas fundamentales dentro del manejo integrado de plagas (MIP) (Leiva, 2013). Los insectos tratados cesan la alimentación a las 3-12 horas de la exposición al producto, tienen apólisis prematura (la cutícula anterior se despega de la epidermis del insecto), disrupción cuticular severa, e inhibición de la ecdisis (movimientos especiales realizados por las larvas que permiten emerger de los remanentes de la cutícula anterior) provocándoles la muerte (Arregui y Puricelli, 2013). Las vías de penetración del Metoxifenocide en el insecto son principalmente por ingestión y en menor medida por contacto, en la planta tiene acción translaminar y de contacto (Kahl, 2015).

Ensayos a campo han demostrado que las diamidas antranílicas (entre ellos el insecticida Clorantraniliprole) proporcionan elevados y consistentes niveles de control sobre *H. zea*, mientras que los piretroides son más variables y las espinosinas proporcionan generalmente menor control sobre esta plaga (Musser & Shelton, 2003).

El insecticida Clorantraniliprole, también denominado rynaxypyr, actúa como agonista del receptor de la rianodina, siendo ésta un alcaloide venenoso usado como insecticida presente en *Ryania speciosa* (Flacourtiáceas). Al unirse con los receptores de la rianodina causan una liberación descontrolada de calcio, que ocasiona el vaciamiento del retículo sarcoplásmico, por lo que la célula queda impedida de realizar una nueva contracción. Los insectos tratados exhiben una rápida cesación de la ingesta de alimento, alrededor de 7 minutos después de ser expuestos al insecticida. Por otro lado, manifiestan

regurgitación del alimento ya consumido, letargo y parálisis muscular que finalmente lleva a la muerte en 1-3 días (Arregui y Puricelli, 2013).

Las vías de penetración del Clorantraniliprole en el insecto son por contacto e ingestión. En la planta tiene acción sistémica con buena movilidad por xilema pero nula por floema, y también es translaminar. Actúa sobre todos los estadios larvales y posee una residualidad de alrededor de 21 días sobre el cultivo. Es muy selectivo para enemigos naturales y posee una baja toxicidad para los mamíferos. Al igual que los insecticidas Metomil y Metoxifenocida, el Clorantraniliprole presenta acción ovicida (Arregui y Puricelli, 2013).

Debido a la actual importancia de las poblaciones de *H. zea* atacando los cultivos de maíces tardíos en Argentina, y ante la necesidad de ajustar su manejo a los hábitos de comportamiento de dicha especie, en el presente ensayo se propone como objetivo evaluar la eficiencia de control de distintos insecticidas sobre larvas de *H. zea*.

## **HIPÓTESIS**

El control de larvas de *Helicoverpa zea*, mediante la utilización de insecticidas aplicados en panojamiento y emergencia de estigmas del cultivo de maíz, se traduce en un mayor rendimiento en grano de dicho cultivo.

## **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la eficiencia de diferentes insecticidas para el control de larvas de *Helicoverpa zea* durante la etapa fenológica de panojamiento y emergencia de estigmas del cultivo de maíz.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- 1) Relacionar la captura de adultos de *H. zea* mediante el uso de trampas de luz con el registro de huevos en los tratamientos.
- 2) Registrar el número y tamaño de larvas de *H. zea* en espiga para los diferentes tratamientos evaluados.
- 3) Comparar la eficiencia de control de tres insecticidas con diferentes modos de acción sobre larvas de *H. zea*.
- 4) Comparar la eficiencia de control químico del Clorantraniliprole a dos dosis sobre larvas de *H. zea*.
- 5) Medir el grado de daño ocasionado por larvas de *H. zea* en las espigas de maíz en los tratamientos evaluados.
- 6) Cuantificar el impacto de los diferentes tratamientos sobre el rendimiento en grano del cultivo de maíz.

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1 Sitio de estudio**

El ensayo se llevó a cabo durante la campaña 2015-2016 en la Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Pergamino, la cual se encuentra ubicada al norte de la provincia de Buenos Aires, a 33° 56' de latitud sur y 60° 33' de longitud oeste (altura sobre el nivel del mar 65,5 metros) a 5 kilómetros al sur de Pergamino y 226 kilómetros al noroeste de la ciudad de Buenos Aires.

### **2.2 Manejo del cultivo**

El maíz se sembró en forma tardía el 11/12/15 con el propósito de favorecer una alta infestación natural del cultivo por *Helicoverpa zea*, debido a la mayor probabilidad de coincidir los estados de floración masculina y femenina del maíz con los mayores picos poblacionales de esta plaga (Vincini y Álvarez Castillo, 2000). La siembra se realizó con una sembradora directa neumática (Gaspardo 1834) de 4 surcos separados a 70 cm entre sí. El híbrido utilizado fue el Dekalb 72-10 RR<sub>2</sub> (sin biotecnología para el control de larvas de lepidópteros). Se utilizó una densidad de siembra elevada de 7 plantas por metro lineal, equivalente a 100.000 plantas/ha, debido a que semanalmente se tomaron muestreos destructivos de espigas para el estudio de las distintas variables. Al momento de la siembra se aplicaron 90 kg/ha de fertilizante arrancador (29-28-0).

Las malezas fueron controladas mediante la aplicación de herbicidas en pre-siembra y pre-emergencia. Se realizaron dos aplicaciones durante el barbecho: la primera se hizo el 16/10/15, con 2,2 l/ha glifosato (62%) y 0,3 l/ha 2,4-D éster (90%); y la segunda el 02/12/15, empleando 1,5 l/ha paraquat (20%). El tratamiento de herbicidas pre-emergentes se llevó a cabo el 14/12/15, con 3,5 kg/ha atrazina (50%), 2,5 l/ha glifosato (62%), 2 l/ha S-metolacoloro (96%) y 0,2 l/ha coadyuvante comercial compuesto por aceite vegetal refinado modificado más organosiliconas.

Semanalmente se llevó a cabo el monitoreo del cultivo a fin de detectar la aparición de enfermedades y artrópodos plagas, no habiendo sido necesario realizar aplicaciones de

productos específicos para el control de las mismas, debido a que no superaron los umbrales de control.

Cuando el cultivo presentó 8-9 hojas expandidas (14/01/16), todas las unidades experimentales fueron fertilizadas mediante la aplicación al voleo de 90 kg/ha urea (41,4 kg/ha de N).

### **2.3 Diseño experimental**

Se utilizó un Diseño Completamente Aleatorizado (DCA) en el cual se evaluaron 5 tratamientos (incluyendo el testigo) con 3 repeticiones, en donde cada parcela (unidad experimental), estuvo constituida por 13 surcos de 38 metros de largo.

Los tratamientos evaluados fueron:

<b>Tratamientos</b>	<b>Principio Activo y Formulación</b>	<b>Dosis de Ingrediente Activo (IA)</b>	<b>Dosis de Formulada</b>
Testigo	-	-	-
Tratamiento 1	Clorantraniliprole SC 20%	8 gr/ha	40 cm <sup>3</sup> /ha
Tratamiento 2	Clorantraniliprole SC 20%	16 gr/ha	80 cm <sup>3</sup> /ha
Tratamiento 3	Metoxifenocida SC 24%	48 gr/ha	200 cm <sup>3</sup> /ha
Tratamiento 4	Metomil SP 90%	225 gr/ha	250 gr/ha

Se evaluaron 2 dosis del principio activo Clorantraniliprole dado a que en ensayos anteriores realizados por diferentes autores mostró elevados niveles de control sobre larvas de *H. zea* (Jasinski *et al.*, 2007; Lawson & Taber, 2009; Copes *et al.*, 2010; Shelton & Olmstead, 2011), y por otro lado para ajustar la dosis óptima de control (Jasinski *et al.*, 2007; Natwick, 2009).

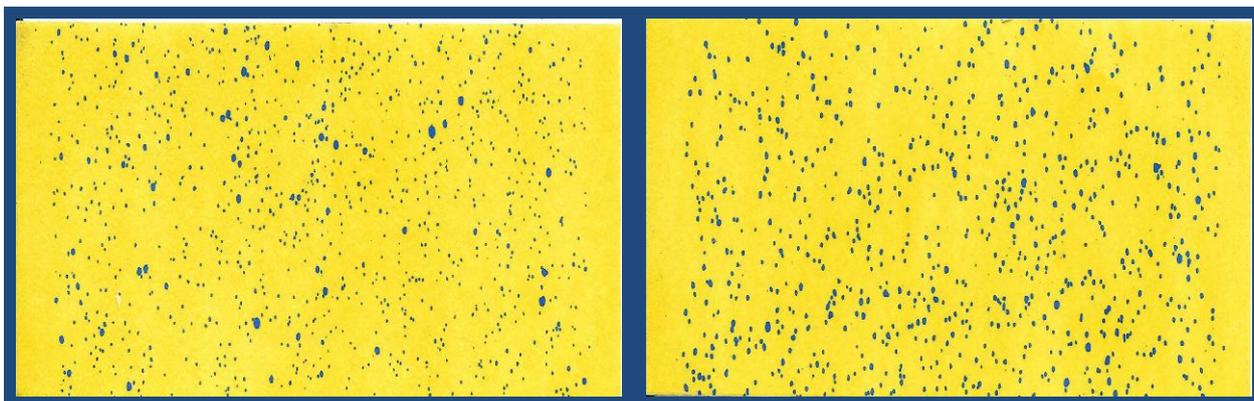
### **2.4 Momento y calidad de aplicación de los tratamientos**

Debido al comportamiento de oviposición de las hembras de *H. zea*, por el cual depositan los huevos sobre los estigmas jóvenes del maíz (Urretabizkaya *et al.*, 2010), y

a la aparición escalonada de los estigmas (Cárcova *et al.*, 2008), se efectuó la aplicación de cada tratamiento en 3 momentos del ciclo del cultivo con el fin de cubrir el período de postura de huevos y la consecuente emergencia de larvas.

Los momentos de aplicación fueron: 1) Panojamiento (VT); 2) 50% de emergencia de estigmas (R1) y 3) 80% de emergencia de estigmas (R1). Para la descripción de los estados fenológicos se utilizó la escala de Ritchie & Hanway (1982). Las fechas en las cuales se efectuaron las aplicaciones fueron: 1) 12/02/16; 2) 16/02/16 y 3) 22/02/16.

Las aplicaciones se realizaron con una pulverizadora experimental autopropulsada de alto despegue perteneciente a la EEA Pergamino. Se utilizaron pastillas cono hueco 80-0,05 a 4 bares de presión para favorecer la formación de gotas pequeñas que faciliten la penetración dentro del follaje y entren en contacto con el blanco (estigmas y/o larvas). La velocidad de aplicación fue de 14 km/h erogando un volumen de 34 l/ha. Para la medición de los parámetros de calidad de aplicación como cobertura (Nº de gotas/cm<sup>2</sup>) y tamaño de gotas [diámetro volumétrico medio (DVM)] se utilizaron tarjetas hidrosensibles (Water Sensitive Paper, Syngenta Agro) (Figura 2). La cobertura lograda fue de 44 gotas/cm<sup>2</sup> y el DVM alcanzado fue de 198,6 µm. La cuantificación de los impactos y la determinación del DVM se efectuó con el software estadístico CIR 1.5 (CIR 1.5, 2002).



**Figura 2.** Tarjetas hidrosensibles.

Junto con las aplicaciones de insecticidas de cada tratamiento se utilizaron como coadyuvantes un aceite metilado con propiedades antievaporantes a dosis de 500 cm<sup>3</sup>/ha, más un coadyuvante organosiliconado con propiedades tensioactivas y adherentes a dosis de 50 cm<sup>3</sup>/ha.

## **2.5 Muestreos**

Durante el ensayo se registró el número de huevos y larvas de *H. zea* en las espigas del maíz, esto se llevó a cabo mediante recuentos destructivos semanales, en los cuales se recolectaron manualmente 10 espigas primarias al azar por parcela, las cuales fueron analizadas de forma visual en la sección de Entomología de la EEA de Pergamino.

El recuento del número de huevos por espiga se realizó en 3 oportunidades (13/02/16; 17/02/16 y 23/02/16), las espigas fueron desprovistas de sus estigmas, y éstos a su vez fueron analizados visualmente para registrar el número de huevos. Los huevos fueron clasificados en "huevos llenos" y "huevos vacíos" en función de si ya se encontraban eclosionados (corion de apariencia cristalina) o no (corion de color blanco-amarillento) mediante la utilización de una lupa de mano de 25x.

El número de larvas por espiga se determinó en 8 oportunidades, comenzando el primer recuento el 13/02/16, continuando semanalmente hasta finalizar el ciclo larval, es decir, hasta que las poblaciones de larvas abandonaron las espigas y se enterraron en el suelo para empupar, cuya finalización fue registrada el día 27/03/16. El recuento de larvas se realizó mediante el deschalado de las espigas y la observación visual de las mismas.

El tamaño de las larvas expresado en centímetros fue determinado mediante la utilización de un calibre (Figura 3).



**Figura 3.** Calibre milimetrado utilizado para la determinación del tamaño de las larvas.

Paralelamente se realizó el recuento del número de adultos capturados en 2 trampas de luz ubicadas dentro del campo de la EEA de Pergamino (Figura 4). Las trampas de luz, según su localización, fueron denominadas "Tambo Nuevo" y "Avicultura".



**Figura 4.** Trampa de luz de la EEA Pergamino.

## **2.6 Determinación de la eficiencia de control**

Luego de cada aplicación se evaluó la eficiencia del control químico de cada tratamiento utilizando la fórmula de Abbott (1925):

$$\% \text{ Mortalidad} = [1 - (T / Co)] * 100$$

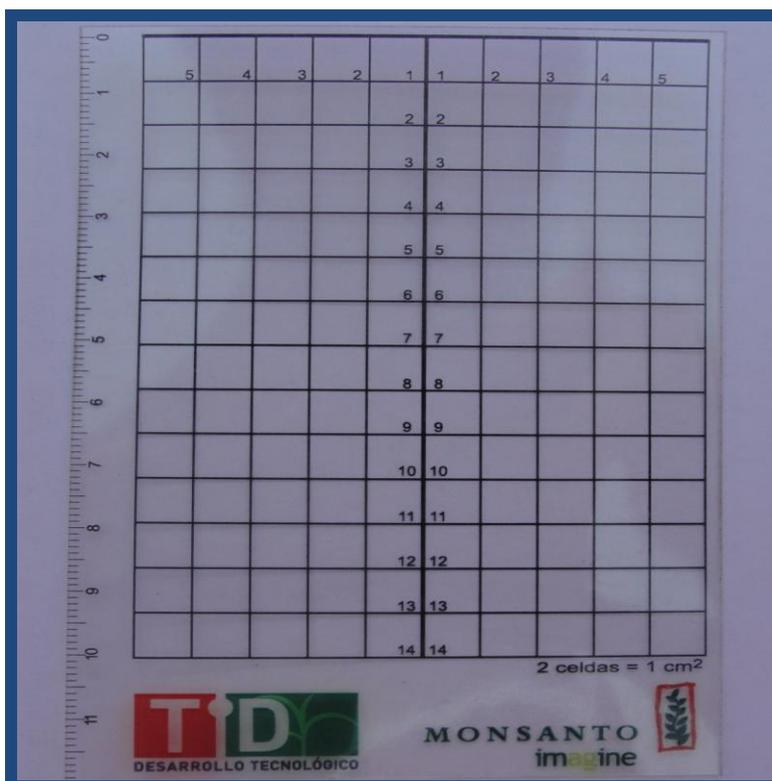
Donde:

T = Número de larvas de *H. zea* después del tratamiento en la parcela tratada.

Co = Número de larvas de *H. zea* después del tratamiento en la parcela testigo.

## 2.7 Determinación del daño causado por larvas

La evaluación del daño causado por larvas de *H. zea* en las espigas del maíz se efectuó mediante el uso de una gradilla milimetrada una vez finalizado el ciclo larval (Figura 5). Esta gradilla permite registrar visualmente el daño en centímetros cuadrados (2 celdas equivalen a 1 cm<sup>2</sup>).



**Figura 5.** Gradilla milimetrada.

Adicionalmente el sector de la espiga donde se registraron daños se dividió en dos zonas, denominadas "Zona 1" y "Zona 2". La zona 1 representa la porción apical de la espiga en donde los granos no alcanzan a desarrollarse completamente, mostrando cierta heterogeneidad de tamaño, mientras que la zona 2 está definida por la porción de la espiga debajo de la anterior, en donde los granos muestran una distribución más uniforme y mayor homogeneidad de tamaño.

## **2.8 Determinación de los rendimientos y el peso de mil granos (PMG)**

Al alcanzar la madurez de cosecha del maíz, se procedió a la recolección manual de espigas en cada parcela para la determinación del rendimiento en grano, para esto fueron recolectadas únicamente las espigas primarias de los 2 surcos centrales de cada parcela en una distancia de 7,15 metros lineales, equivalente a 5 metros cuadrados. El desgranado se efectuó con una trilladora estacionaria (La Cantábrica-Labrador). El grano fue pesado y su contenido de humedad medido a efectos de expresar los rendimientos corregidos a 14,5% de humedad.

El peso de mil granos (PMG) se determinó en base a las reglas ISTA (Asociación Internacional de Análisis de Semillas) propuestas por el Instituto Nacional de Semillas (INASE), en donde el PMG se determina en base al peso (corregido a 14,5% de humedad) de 8 muestras de 100 granos por parcela.

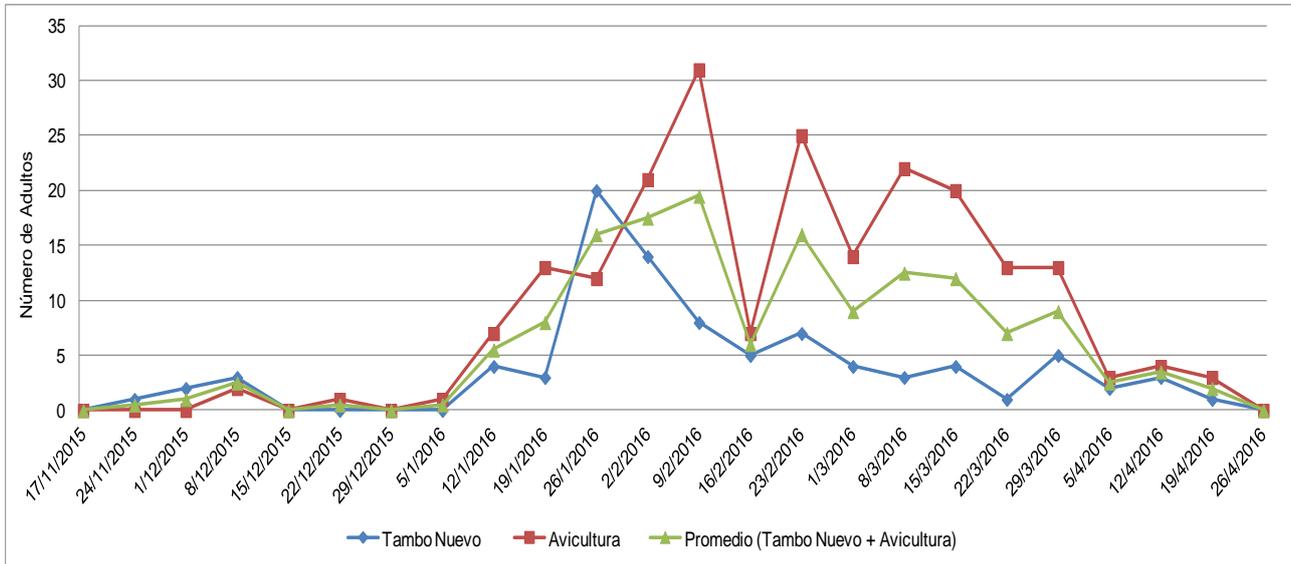
## **2.9 Análisis estadístico**

Las variables estudiadas fueron analizadas estadísticamente mediante el análisis de la variancia (ANAVA), y se utilizó el test de LSD Fisher ( $\alpha = 0,05$ ) para comparar las medias de los tratamientos empleando el paquete estadístico INFOSTAT (INFOSTAT, 2015).

Para los datos de las 7 variables (número de huevos, número y tamaño de larvas, eficiencias de control químico, daños en espiga, rendimientos y PMG), se probaron previamente los supuestos de los análisis de variancia. Se aplicó la prueba de Levene para determinar si existe homogeneidad de variancia de los tratamientos, y para corroborar la normalidad de los residuales, se realizó la prueba de Shapiro-Wilks modificado.

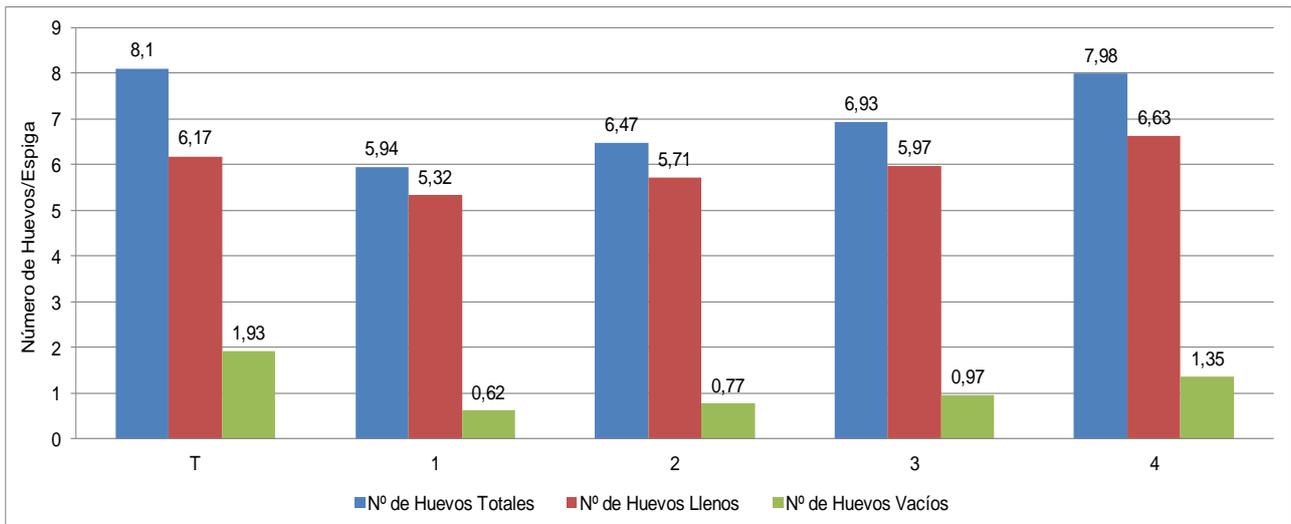
### 3. RESULTADOS

En la Figura 6 se muestra la captura semanal de adultos de *Helicoverpa zea* en trampas de luz durante la campaña 2015/16 en la EEA Pergamino.



**Figura 6.** *Helicoverpa zea*. Número de adultos semanales capturados en trampas de luz. Pergamino, 2015-2016.

Durante la etapa de emergencia de estigmas del cultivo de maíz se registró el número de huevos por espiga colocados por las hembras de *H. zea* (Figura 7).



**Figura 7.** *Helicoverpa zea*. Número de huevos por espiga en cada tratamiento. Pergamino, 2015-2016. T=Testigo; 1=Clorantraniliprole 40 cm<sup>3</sup>/ha; 2=Clorantraniliprole 80 cm<sup>3</sup>/ha; 3=Metoxifenocide 200 cm<sup>3</sup>/ha; 4=Metomil 250 gr/ha.

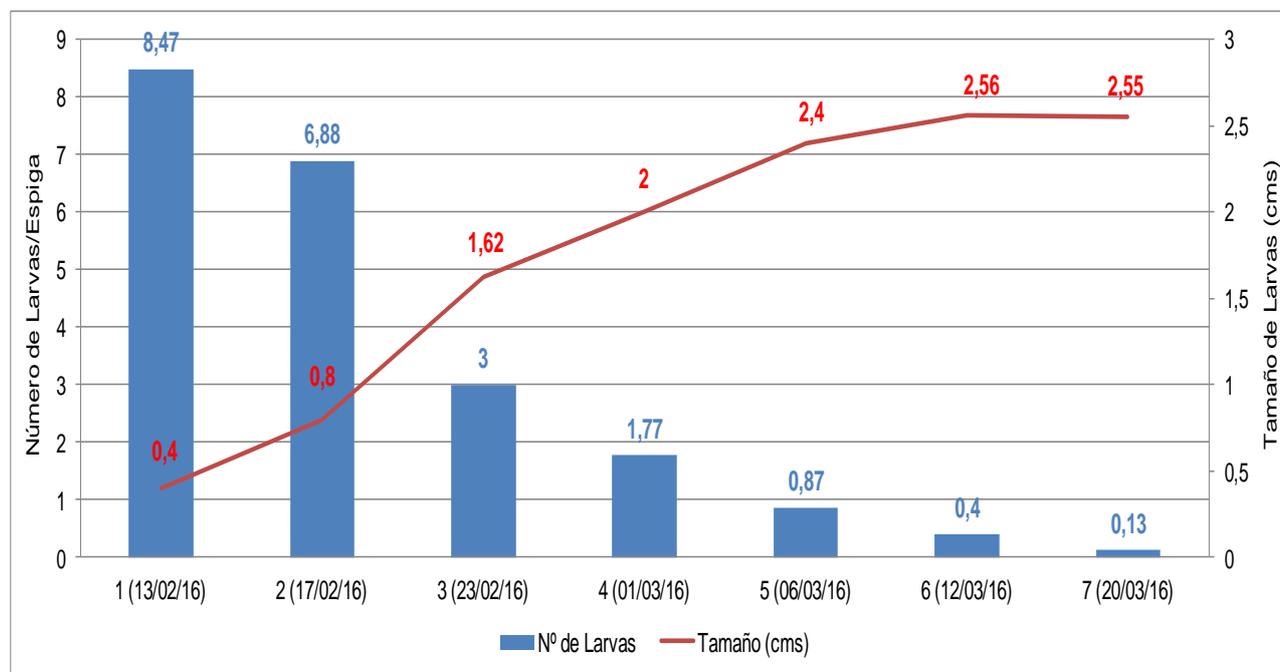
En la Tabla 1 se puede observar la variación de la postura de huevos entre los distintos tratamientos durante el período de emergencia de estigmas del cultivo de maíz.

**Tabla 1.** *Helicoverpa zea*. Número de huevos totales en los distintos tratamientos según 3 recuentos. Pergamino, 2015-2016.

Tratamientos	Recuentos		
	1 (13/02/16)	2 (17/02/16)	3 (23/02/16)
T	15,9 b	5,47 a	2,93 a
1	5,77 a	3,97 a	8,10 b
2	7,57 a	3,82 a	8,03 b
3	7,70 a	-	6,17 ab
4	11,67 ab	6,30 a	5,97 ab
Valor p ( $\alpha=0,05$ )	0,0626	0,1978	0,0681

T=Testigo; 1=Clorantraniliprole 40 cm<sup>3</sup>/ha; 2=Clorantraniliprole 80 cm<sup>3</sup>/ha; 3=Metoxifenocide 200 cm<sup>3</sup>/ha; 4=Metomil 250 gr/ha. Letras diferentes entre tratamientos indican diferencias significativas (p<0,05).

En la Figura 8 se muestra la evolución a lo largo del ensayo del número y tamaño de larvas de *H. zea* por espiga en el testigo.



**Figura 8.** *Helicoverpa zea*. Número y tamaño de larvas por espiga en el testigo según fechas de recuentos. Pergamino, 2015-2016.

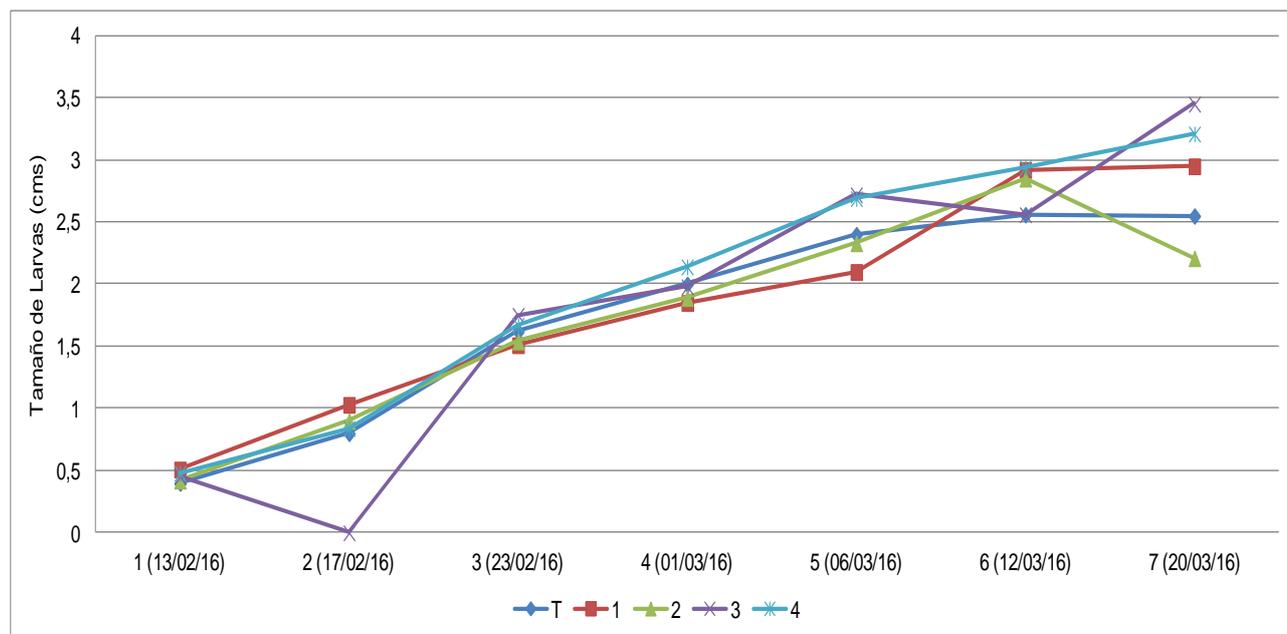
En la Tabla 2 se muestra la variación del número de larvas de *H. zea* por espiga de maíz para cada tratamiento a través de los recuentos.

**Tabla 2.** *Helicoverpa zea*. Número de larvas por espiga de maíz para cada tratamiento según 4 recuentos. Pergamino, 2015-2016.

Tratamientos	Recuentos			
	1 (13/02/16)	2 (17/02/16)	3 (23/02/16)	4 (01/03/16)
T	8,47 a	6,88 b	3,00 c	1,77 a
1	3,53 a	4,18 a	1,93 b	1,67 a
2	2,10 a	4,03 a	1,60 ab	1,27 a
3	5,47 a	-	1,27 a	1,60 a
4	3,87 a	4,62 a	2,05 b	1,40 a
Valor p ( $\alpha=0,05$ )	0,2249	0,0265	0,0006	0,6339

T=Testigo; 1=Clorantraniliprole 40 cm<sup>3</sup>/ha; 2=Clorantraniliprole 80 cm<sup>3</sup>/ha; 3=Metoxifenocide 200 cm<sup>3</sup>/ha; 4=Metomil 250 gr/ha. Letras diferentes entre tratamientos indican diferencias significativas (p<0,05).

En la Figura 9 se muestra la variación del tamaño de las larvas durante el período evaluado para cada tratamiento.



**Figura 9.** *Helicoverpa zea*. Evolución del tamaño de las larvas para cada tratamiento. Pergamino, 2015-2016. T=Testigo; 1=Clorantraniliprole 40 cm<sup>3</sup>/ha; 2=Clorantraniliprole 80 cm<sup>3</sup>/ha; 3=Metoxifenocide 200 cm<sup>3</sup>/ha; 4=Metomil 250 gr/ha.

En la Tabla 3 se muestran las eficiencias de control logradas para cada tratamiento luego de cada aplicación (recuentos 1, 2 y 3), a los 7 días de finalizado el control químico (recuento 4) y su efecto aditivo en el tiempo (promedio de los recuentos).

**Tabla 3.** *Helicoverpa zea*. Eficiencias de control químico (%) logradas para cada tratamiento según recuentos. Pergamino, 2015-2016.

Tratamientos	Recuentos				Promedio
	1 (13/02/16)	2 (17/02/16)	3 (23/02/16)	4 (01/03/16)	
1	46,4 a	41,6 a	22,2 a	6,2 a	29,09 a
2	65,6 a	36,8 a	45,1 ab	28 a	43,85 a
3	21,4 a	-	69,6 b	9,6 a	33,55 a
4	46,8 a	22,9 a	36,1 a	21 a	31,71 a
Valor p ( $\alpha=0,05$ )	0,7818	0,6094	0,0226	0,7279	0,7352

1=Clorantraniliprole 40 cm<sup>3</sup>/ha; 2=Clorantraniliprole 80 cm<sup>3</sup>/ha; 3=Metoxifenocide 200 cm<sup>3</sup>/ha; 4=Metomil 250 gr/ha. Letras diferentes entre tratamientos indican diferencias significativas ( $p<0,05$ ).

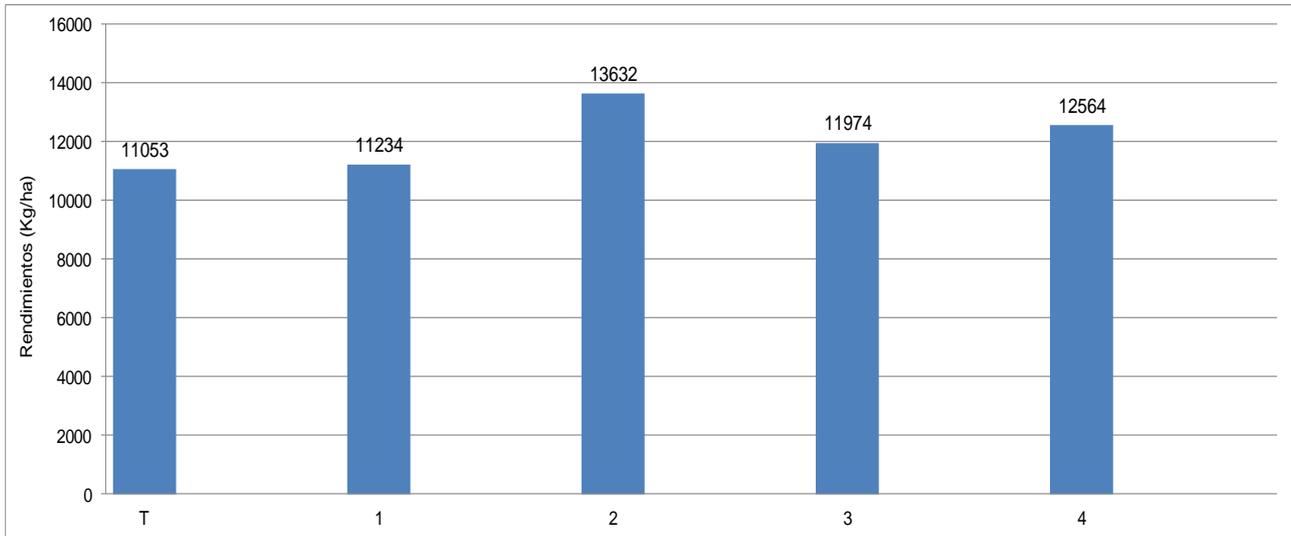
En la Tabla 4 se muestran los daños producidos por las larvas de *H. zea* en las espigas de maíz para cada tratamiento.

**Tabla 4.** *Helicoverpa zea*. Número de celdas promedio por espiga afectadas para cada tratamiento. Pergamino, 2015- 2016.

Tratamientos	Nº de Celdas Zona 1	Nº de Celdas Zona 2	Nº de Celdas Totales
T	19,7 a	12,4 c	32,1 c
1	15,6 a	8,4 bc	24,1 ab
2	13,9 a	3,2 a	17,1 a
3	17,3 a	8,3 bc	25,6 bc
4	18,9 a	5,5 ab	24,4 b
Valor p ( $\alpha=0,05$ )	0,1356	0,0071	0,0140

T=Testigo; 1=Clorantraniliprole 40 cm<sup>3</sup>/ha; 2=Clorantraniliprole 80 cm<sup>3</sup>/ha; 3=Metoxifenocide 200 cm<sup>3</sup>/ha; 4=Metomil 250 gr/ha. Letras diferentes entre tratamientos indican diferencias significativas ( $p<0,05$ ).

En la Figura 10 se muestran los rendimientos (kg/ha) obtenidos para cada tratamiento.

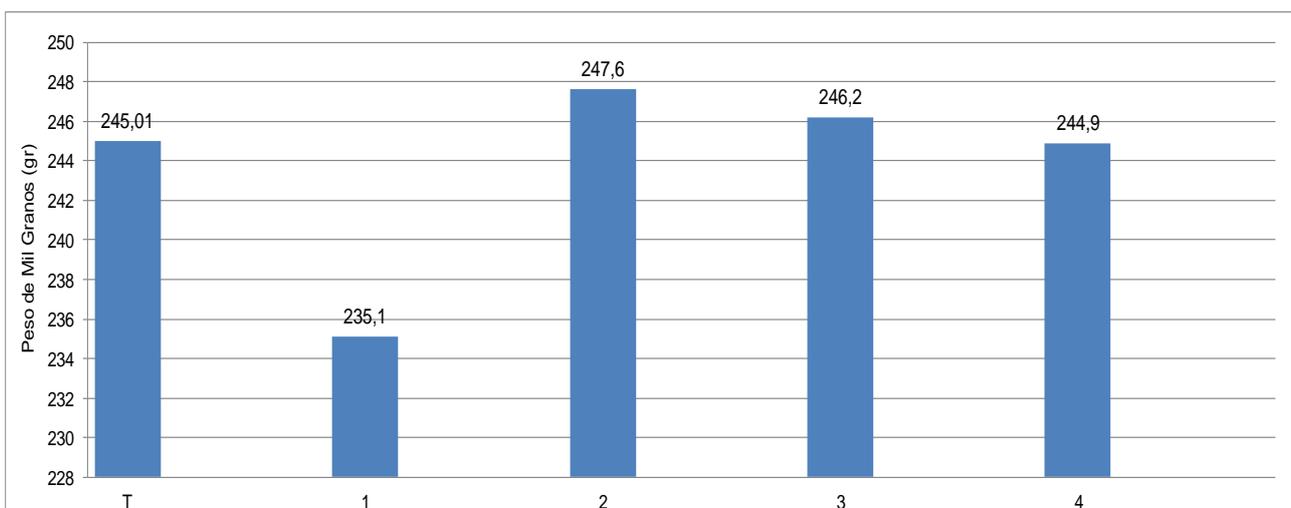


Tratamientos	T	1	2	3	4
Rendimiento	11053 a	11234 a	13632 a	11974 a	12564 a
Valor p ( $\alpha=0,05$ )	0,2515				
DMS	2629,3				

T=Testigo; 1=Clorantranilprole 40 cm<sup>3</sup>/ha; 2=Clorantranilprole 80 cm<sup>3</sup>/ha; 3=Metoxifenocide 200 cm<sup>3</sup>/ha; 4=Metomil 250 gr/ha. Letras diferentes entre tratamientos indican diferencias significativas ( $p<0,05$ ).

**Figura 10.** Rendimientos obtenidos para cada tratamiento. Pergamino, 2015-2016.

En la Figura 11 se muestra el PMG (gr) obtenido para cada tratamiento.



T=Testigo; 1=Clorantranilprole 40 cm<sup>3</sup>/ha; 2=Clorantranilprole 80 cm<sup>3</sup>/ha; 3=Metoxifenocide 200 cm<sup>3</sup>/ha; 4=Metomil 250 gr/ha.

**Figura 11.** PMG obtenidos para cada tratamiento. Pergamino, 2015-2016.

## 4. DISCUSIÓN

### 4.1 Relación entre la captura de adultos y el número de huevos en los tratamientos

La cantidad de adultos de *Helicoverpa zea* capturados mediante trampas de luz ubicadas en las cercanías del ensayo mostró una variación a lo largo del tiempo en forma de campana (Figura 6). En principio se pudo observar que a partir de la primer semana de Enero comenzaron a producirse la captura de los primeros adultos de esta especie, dándose el pico poblacional promedio de capturas durante la primer quincena de Febrero (19,5 adultos/semana), lo cual coincidió con el inicio de los estados reproductivos del cultivo de maíz. Posteriormente, a partir de la segunda quincena de Febrero, la cantidad de adultos capturados comenzó a disminuir hasta alcanzar un valor nulo a fines de Abril.

Según Raina *et al.* (1992) las hembras adultas de *H. zea* perciben las señales químicas volátiles producidas por los estigmas del maíz, entre ellas, la hormona vegetal etileno, lo cual desencadena la producción de feromonas sexuales, que es seguido por su liberación, lo que conlleva al apareamiento. McNeil & Delisle (1989) afirmaron que, cuando la cantidad de estigmas tiernos en los campos de maíz disminuye, el número de hembras adultas de *H. zea* atraídas es menor, trayendo como consecuencia un menor movimiento de machos a ese campo. Esto significa, que la planta huésped tiene un efecto significativo en el comportamiento del insecto, el cual está asociado con la producción de feromonas de dicha plaga.

La captura de machos adultos mediante trampas de feromonas sexuales en el trabajo realizado por Matrangolo *et al.* (1998) fue relativamente constante a lo largo del período en que los estigmas del maíz se mantenían tiernos, produciéndose una nítida reducción del número de machos capturados una vez comenzado el desecamiento de los estigmas.

En todas las parcelas se registró la presencia de huevos sobre los estigmas del maíz (Figura 7). Las oviposiciones se registraron en aquellos estigmas que estaban turgentes en su totalidad o que aún se conservaban frescos en la proximidad al ápice de la espiga, coincidiendo con Cook & Weinzierl (2004) y Capinera (2014). Pero además, se registró la

presencia de huevos sobre estigmas que presentaban cierto grado de sequedad, tal como fue señalado previamente por Harrison (1960) al verificar que los estigmas recién emergidos eran más atractivos para los adultos de *H. zea*, pero que también ovipositaban en estigmas de 10 días de edad. A su vez, Straub (2003) comprobó que los adultos de *H. zea*, a la hora de oviponer, no discriminan a los estigmas secos, ya que en dos años de ensayos los estigmas fueron infestados, independientemente del grado de sequedad de los mismos.

En la Tabla 1, se puede observar que una vez realizada la primer aplicación de los tratamientos (12/02/16), los adultos mostraron una mayor oviposición sobre las parcelas testigo (sin aplicación insecticida) en comparación con las parcelas tratadas. Este comportamiento se explica posiblemente por la detección de los adultos de las sustancias insecticidas que fueron aplicadas en las respectivas parcelas. Pero, una vez que se produjeron la segunda (16/02/16) y tercer aplicación (22/02/16) de los tratamientos, se observó que el número de huevos ovipuestos en las parcelas testigo comenzó a disminuir, siendo la cantidad de oviposiciones similar a la de los demás tratamientos luego de la segunda aplicación, e incluso inferior luego de la tercer aplicación. Esto podría deberse a que los adultos tienden a oviponer en aquellas parcelas donde existe la mayor probabilidad de sobrevivencia de su progenie, en este caso las parcelas tratadas, dado a que en el primer recuento (13/02/16) las parcelas testigo ya contaban con una gran masa de huevos (15,9 huevos/espiga) y se desarrollaba una alta población de larvas por espiga (8,47) (Tabla 2). En consecuencia, dichas parcelas presentarían una mayor competencia larval intraespecífica junto con mayores daños en las espigas de maíz, lo cual fue detectado por las hembras adultas de *H. zea* durante las oviposiciones.

De forma similar Navasero & Ramaswamy (1993) encontraron diferencias significativas en el comportamiento de oviposición de *Heliothis virescens* (F.) entre plantas de algodón dañadas y no dañadas por larvas de dicha especie. Aproximadamente hallaron el doble de oviposiciones en plantas de algodón sin daños respecto de las plantas dañadas, reflejando la capacidad de las hembras adultas para detectar plantas con y sin daño, y preferir las menos dañadas para oviponer.

Por otra parte, se ha reportado que los lepidópteros, así como otros insectos, realizan una estrategia de espaciamiento para mantener sus densidades poblacionales a niveles óptimos (Prokopy *et al.* citado por Honda, 1995). Los mecanismos de espaciamiento por los cuales las hembras reconocen a las plantas huéspedes infestadas a menudo implican una mediación química por parte de feromonas epidícticas, también conocidas como feromonas territoriales. Estas feromonas se liberan de las oviposiciones y de las heces de las larvas de una misma especie, con un efecto disuasivo o deterrente sobre el comportamiento de oviposición de los adultos (Honda, 1995).

En Estados Unidos, Yang *et al.* (2013) encontraron un promedio de 6,7 huevos/espiga durante el pico de oviposiciones, mientras que Yang *et al.* (2014) encontraron un promedio de 5,2 huevos/espiga a lo largo del ciclo de oviposición, niveles de infestación inferiores a los obtenidos en el presente ensayo, de 15,9 huevos/espiga durante el pico de oviposiciones, y 8,1 huevos/espiga a lo largo del ciclo de oviposición, lo cual podría deberse a la mayor densidad poblacional de adultos presentes en el área.

En Siete Lagunas, Brasil, donde las condiciones ambientales permiten la producción de maíz durante todo el año, Matrangolo *et al.* (1998) encontraron un promedio de 1,0; 4,7 y 4,9 huevos/espiga en observaciones realizadas durante el invierno, primavera y otoño respectivamente. En las llanuras onduladas de Texas, Estados Unidos, Puterka *et al.* (1985) encontraron en lotes de maíz un promedio de 101.129 huevos/ha a densidades de siembra comunes para la zona.

Según Raulston *et al.* (1990) la media de huevos colocados por *H. zea* durante su pico de oviposición en las espigas de maíz fue de 0,9 huevos/espiga, aunque Orlando citado por Matrangolo *et al.* (1998) ya había encontrado hasta un 100% de infestación, coincidiendo con el presente trabajo.

En el presente trabajo las espigas registraron mayoritariamente entre 1 y 20 huevos, ocasionalmente entre 21 y 30, y excepcionalmente se registró 47 huevos en una espiga, debido probablemente a que varias polillas desovaron sobre la misma, a diferencia del trabajo realizado por Tulli *et al.* (2016) en la ciudad de Balcarce, Argentina, en el cual se

encontró que la mayoría de las espigas de maíz dulce presentaban únicamente entre 1 y 2 huevos, y ocasionalmente entre 3 y 5. Esporádicamente se observó la presencia de huevos sobre hojas, tallos y brácteas, en coincidencia con lo informado por Capinera (2014).

#### **4.2 Número y tamaño de larvas en espigas de maíz en los tratamientos**

En la Tabla 2 se puede observar que el tratamiento testigo (sin aplicación insecticida), fue el que presentó la mayor densidad poblacional de larvas por espiga durante el período evaluado en comparación a los demás tratamientos.

El número de larvas registrado en las espigas primarias de las parcelas testigo resultó ser muy superior al encontrado por otros autores, siendo de 8,47 larvas/espiga en el primer recuento (13/02/16) y 6,88 larvas/espiga en el segundo recuento (17/02/16). Quiles (2011), en Balcarce, Argentina, registró en maíz dulce un nivel máximo de infestación de 9,4 larvas cada 25 espigas (equivalente a 0,4 larvas/espiga); Burkness *et al.* (2009) encontraron en Minnesota, Estados Unidos, en ensayos de maíz dulce, un nivel máximo de infestación de 1,09 larvas/espiga; Balbi y Flores (2015) en Marcos Juárez, Argentina, registraron un promedio de 1,95 larvas/espiga en las parcelas testigo y 2,45 larvas/espiga en parcelas que fueron sembradas con un híbrido de maíz que contenía un gen simple para el control de lepidópteros; en Siete Lagunas, Brasil, Matrangolo *et al.* (1998) hallaron un promedio de 0,1 y 0,6 larvas/espiga en campos de maíz de primavera y otoño respectivamente; mientras que Yang *et al.* (2013) y Yang *et al.* (2014) encontraron en Louisiana, Estados Unidos, un máximo de 3,09 y 2,8 larvas/planta respectivamente, es decir, teniendo en cuenta las larvas que se encontraban tanto en la espiga primaria como secundaria.

En las parcelas testigo se efectuó el seguimiento del ciclo biológico de *H. zea* y se registró que el número de larvas disminuyó durante el transcurso del ensayo mientras que el tamaño de las mismas aumentó (Figura 8). Esto se puede explicar por el comportamiento caníbal de esta especie una vez que la larva alcanza el estadio larval 3 (CABI, 2017). Por lo tanto, a medida que transcurre el tiempo el número de larvas por espiga se reduce debido a la competencia existente entre ellas dentro de una misma

espiga, mientras que el tamaño de las que sobreviven se incrementa. En el presente ensayo dicho estadio larval comenzó a registrarse el 17/02/16, fecha a partir de la cual puede observarse la abrupta disminución del número de larvas/espiga (Figura 8).

El canibalismo es un factor importante en la dinámica poblacional de varias especies (Alabi *et al.* citado por Bentivenha *et al.*, 2016). Este comportamiento puede ser el responsable del 75% de la mortalidad en las poblaciones de *H. zea*, afectando los niveles y patrones temporales de los picos poblacionales en maíz (Stinner *et al.* citado por Bentivenha *et al.*, 2016). Es por esto que en el presente ensayo generalmente se encontró 1 larva desarrollada ( $\geq 3$  estadio larval) por espiga, en coincidencia con Olmstead *et al.* (2016) y Cook & Weinierl (2004), aunque en algunas ocasiones se registró la coexistencia de 2, o hasta inclusive 3 larvas desarrolladas en una misma espiga.

En los demás tratamientos se observó un comportamiento similar al del testigo en cuanto al número y tamaño de larvas a lo largo de los recuentos (Tabla 2 y Figura 9). La diferencia fue que en las parcelas tratadas la disminución en el número de larvas se acentuó a partir del segundo recuento (17/02/16) y no desde el primero (13/02/16) como sucedió en el testigo. Ello posiblemente sea debido a que la disminución en el número de huevos ovipuestos en dichas parcelas no fue tan abrupta como en las parcelas testigo luego de la primer aplicación de los tratamientos (12/02/16) (Tabla 1).

Respecto al tamaño de las larvas de *H. zea*, los diferentes tratamientos insecticidas no tuvieron efecto sobre el desarrollo larval de dicha plaga, ya que no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos a lo largo de los recuentos (Figura 9).

#### **4.3 Eficiencia de control de insecticidas con diferentes modos de acción sobre larvas de *H. zea***

En la Tabla 3 se puede observar que no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos cuando se analizó la eficiencia de control promedio de los recuentos realizados. La mayor dosis de Clorantraniliprole (80 cm<sup>3</sup>/ha) fue el tratamiento que mayor eficiencia promedio alcanzó, logrando un control del 43,8%. Seguido por Metoxifenocide

(200 cm<sup>3</sup>/ha) y Metomil (250 gr/ha), los cuales alcanzaron valores de control del 33,5% y 31,7% respectivamente. La menor dosis de Clorantraniliprole (40 cm<sup>3</sup>/ha) fue el tratamiento que registró las eficiencias de control más bajas, promediando un 29,1% de control.

En cuanto a las eficiencias de control registradas luego de cada aplicación insecticida (recuentos 1, 2 y 3) no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos (Tabla 3). La única excepción fue que en el tercer recuento (23/02/16) el tratamiento Metoxifenocida a razón de 200 cm<sup>3</sup>/ha logró una eficiencia de control del 69,6%, diferenciándose significativamente de los tratamientos Clorantraniliprole a razón de 40 cm<sup>3</sup>/ha (22,2%) y Metomil a razón de 250 gr/ha (36,1%). Por otra parte, en el primer recuento (13/02/16) el tratamiento de mayor dosis de Clorantraniliprole (80 cm<sup>3</sup>/ha) logró una eficiencia de control del 65,6%, siendo junto con el ejemplo anterior las eficiencias de control más elevadas alcanzadas en el presente ensayo.

Tampoco se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos cuando se analizaron las eficiencias de control correspondientes al recuento 4 (01/03/16), el cual fue llevado a cabo una semana después de realizadas las tres aplicaciones programadas (Tabla 3). Las eficiencias de control logradas en el mencionado recuento resultaron ser menores a las obtenidas en los recuentos anteriores, el tratamiento Clorantraniliprole a la dosis de 80 cm<sup>3</sup>/ha fue el de mayor eficiencia logrando un 28% de control. Por lo tanto, en este recuento se registra una tendencia del Clorantraniliprole a la dosis de 80 cm<sup>3</sup>/ha de ejercer una acción de control más prolongada en el tiempo sobre larvas de *H. zea* respecto del resto de los tratamientos.

Balbi y Flores (2015), en coincidencia con el presente trabajo, afirman que la eficiencia en el control químico de esta plaga suele presentar una gran variabilidad, aunque puede mejorarse si el mismo se realizara en el momento adecuado.

O'Rourke *et al.* (1999) en Minnesota, Estados Unidos, registraron un nivel de infestación en las parcelas testigo de 27,3 larvas cada 25 espigas (equivalente a 1,1 larvas/espiga). Evaluaron 9 insecticidas a distintas dosis, aplicados en 4 momentos a

partir del 50% de emergencia de estigmas, logrando eficiencias de control que variaron desde un 2% hasta un 90%.

Quiles (2011) en Balcarce, Argentina, logró reducir significativamente el número de espigas dañadas en comparación a un testigo (sin aplicación insecticida) cuando aplicó Lambdacialotrina durante el 95% de emergencia de los estigmas o bien a los 4 días después del 95% de emergencia de estigmas. Sin embargo, al aplicar la misma dosis de Lambdacialotrina durante el 30% de emergencia de estigmas no encontró diferencias significativas en el número de espigas dañadas. Además, utilizando Lufenuron en esos mismos momentos tampoco logró disminuir significativamente el número de espigas dañadas en comparación al testigo sin aplicar.

#### **4.4 Eficiencia de control del Clorantraniliprole a dos dosis sobre larvas de *H. zea***

En la Tabla 3 se puede apreciar que la dosis de 80 cm<sup>3</sup>/ha de Clorantraniliprole logró una mayor eficiencia de control respecto de la dosis de 40 cm<sup>3</sup>/ha en el promedio de los 4 recuentos. Sin embargo, en ninguno de los recuentos ambas dosis de Clorantraniliprole mostraron diferencias estadísticamente significativas en la eficiencia de control.

Es posible analizar que, si bien la diferencia en la eficiencia de control promedio entre las dos dosis evaluadas del Clorantraniliprole es relativamente amplia (29% a 44% de control), la misma no resultó ser estadísticamente significativa muy probablemente debido a la variabilidad registrada ( $p=0,735$ ).

Estos resultados coincidieron con lo obtenido previamente por otros autores. Por ejemplo Jasinski *et al.* (2007) obtuvieron que aplicando Clorantraniliprole al 18,4% en 6 oportunidades, a intervalos de 3 días y a dos dosis (373 cm<sup>3</sup>/ha y 490 cm<sup>3</sup>/ha) ambos tratamientos lograron diferenciarse significativamente del testigo, en el cual se observó un promedio de 2,7 larvas/espiga. Sin embargo, ambas dosis no lograron diferenciarse estadísticamente entre sí, disminuyendo la densidad poblacional de larvas a 0,4 y 0,6 larvas/espiga para los tratamientos de mayor y menor dosis respectivamente.

Las diamidas son una reciente clase de insecticidas que proveen un excelente control sobre los lepidópteros, incluyendo *H. zea*. Específicamente, Clorantraniliprole, es una diamida antranílica que posee un novedoso modo de acción que causa una rápida disfunción muscular y parálisis (Hannig *et al.*, 2009). Éstos mismos autores han determinado que los insecticidas que más rápida acción de control ejercen contra los lepidópteros fueron el Metomil (un carbamato) y los piretroides, pero Clorantraniliprole fue el de mayor rapidez dentro del grupo de los nuevos productos de bajo riesgo ambiental.

#### **4.5 Daños ocasionados por larvas de *H. zea* en las espigas de maíz en los diferentes tratamientos evaluados**

En la Tabla 4 se puede observar que en la Zona 1 de las espigas (porción apical), la mayor dosis de Clorantraniliprole (80 cm<sup>3</sup>/ha) fue el tratamiento que menor daño presentó (13,9 celdas), sin diferenciarse estadísticamente de los demás tratamientos (incluyendo el testigo sin aplicación insecticida). Si tenemos en cuenta la Zona 2 de las espigas (porción de la espiga debajo de la Zona 1), la cual es considerada más relevante que la anterior para definir el rendimiento debido al mayor tamaño de los granos, se aprecia que nuevamente la dosis de 80 cm<sup>3</sup>/ha de Clorantraniliprole fue el tratamiento que menor daño registró (3,2 celdas), diferenciándose significativamente de los tratamientos testigo, Clorantraniliprole a la dosis de 40 cm<sup>3</sup>/ha y Metoxifenocida a la dosis de 200 cm<sup>3</sup>/ha. Por ende, al sumar los daños ocasionados por las larvas de *H. zea* tanto en la Zona 1 como la Zona 2 de las espigas, se contempla que la dosis máxima evaluada de Clorantraniliprole (80 cm<sup>3</sup>/ha) fue el tratamiento que menor daño registró (17,1 celdas), diferenciándose significativamente de los tratamientos testigo (32,1 celdas), Metoxifenocida a la dosis de 200 cm<sup>3</sup>/ha (25,6 celdas) y Metomil a la dosis de 250 gr/ha (24,4 celdas).

En coincidencia con estos resultados, McLeod & Rashid (2011) hallaron diferencias estadísticamente significativas al realizar dos aplicaciones de Clorantraniliprole al 18,4% a 364 cm<sup>3</sup>/ha, ya que lograron reducir el daño en las espigas de maíz dulce de 19 cm<sup>2</sup> el testigo, a 13,9 cm<sup>2</sup>. Cuando el mismo insecticida, a la misma dosis, fue aplicado en 3, 4 y 5 oportunidades, el daño ocasionado por las larvas de *H. zea* disminuyó a 12,1, 12,6 y 9 cm<sup>2</sup> respectivamente.

Por otra parte, O'Rourke *et al.* (1999) registraron una infestación en las parcelas testigo de maíz dulce de 27,3 larvas cada 25 espigas (equivalente a 1,1 larvas/espiga), y daños promedio por espiga de 36,1 cm<sup>2</sup>. En dicho trabajo, no se obtuvieron respuestas estadísticamente significativas al utilizar Metoxifenocida al 80% en 4 oportunidades a partir del 50% de emergencia de estigmas y a dos dosis (70 gr/ha y 140 gr/ha), logrando disminuir los daños a 27,6 y 22,2 cm<sup>2</sup> respectivamente.

Por último, Copes *et al.* (2010) al registrar una infestación en las parcelas testigo de maíz dulce de 1,3 larvas/espiga, no obtuvieron respuestas estadísticamente significativas al utilizar Metomil al 29% (1754 cm<sup>3</sup>/ha) en 4 oportunidades a partir del 40% de emergencia de estigmas, sino que por el contrario registraron un mayor daño en las espigas. En cambio, en las parcelas donde utilizaron Clorantraniliprole al 18,4% (511 cm<sup>3</sup>/ha), aplicado en los mismos momentos que el anterior, encontraron diferencias estadísticamente significativas con respecto al testigo, logrando disminuir el daño.

#### **4.6 Impacto de los tratamientos sobre el rendimiento y el PMG de maíz**

En cuanto a la variable rendimiento (kg/ha), no se encontraron diferencias significativas entre los distintos tratamientos incluyendo el testigo sin aplicación insecticida (Figura 10). No obstante, en lo que respecta a valores absolutos de rendimiento, todos los tratamientos químicos rindieron más que el testigo, destacándose el Clorantraniliprole a la dosis de 80 cm<sup>3</sup>/ha, que registró el mayor rendimiento, el cual fue 2.579 kg/ha superior al testigo. El mayor rendimiento registrado por dicho tratamiento puede ser explicado por la mayor eficiencia de control químico de *H. zea* con respecto a los demás tratamientos (Tabla 3) y al menor número de celdas dañadas por espiga, fundamentalmente en la Zona 2 de las mismas (Tabla 4).

Como puede observarse en la Figura 11, tampoco se registraron diferencias estadísticamente significativas entre los distintos tratamientos en cuanto al componente de rendimiento PMG (gr).

A través del presente estudio se generaron datos que podrían servir como punto de referencia para futuros programas de monitoreo y control de *H. zea* en lotes de maíz, ayudando a mejorar las eficiencias de control químico a través del conocimiento del ciclo biológico de esta plaga y de las variables más determinantes que la definen. En suma, se considera que el aporte de conocimiento sobre el comportamiento de la plaga en condiciones de campo a través del presente ensayo, así como los avances que éstos permitan alcanzar en cuanto al momento y número de aplicaciones de insecticidas, sumado a una necesaria mejora en la calidad de aplicación de los mismos, permitirían aumentar las eficiencias de control sobre esta plaga y por ende lograr mayores rendimientos del cultivo de maíz.

## **5. CONCLUSIONES**

Bajo las condiciones experimentales en las que se realizó el presente estudio se concluye que:

-En las parcelas testigo (sin aplicaciones insecticidas) se registró el mayor número de larvas por espiga a lo largo de los distintos recuentos, por lo que los tratamientos químicos redujeron la densidad larval de *H. zea* en las espigas de maíz.

-Respecto al tamaño de las larvas, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos (incluyendo el testigo).

-En cuanto a las eficiencias de control promedio, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos químicos, siendo Clorantraniliprole a la dosis de 80 cm<sup>3</sup>/ha el tratamiento que registró el mayor valor (43,85%) y el que alcanzó el máximo nivel de eficiencia sobre el control de la plaga (65,6%) en el primer recuento.

-Se registró un incremento del 14,76% en la eficiencia de control promedio del tratamiento Clorantraniliprole a la dosis de 80 cm<sup>3</sup>/ha con respecto al tratamiento Clorantraniliprole a la dosis de 40 cm<sup>3</sup>/ha.

-En las espigas de las parcelas testigo se registraron los mayores daños, tanto en la Zona 1 (porción apical) como en la Zona 2 (porción de la espiga debajo de la anterior), por lo que los distintos tratamientos con insecticidas redujeron el daño en las espigas provocado por las larvas de *H. zea*.

-La mayor dosis evaluada de Clorantraniliprole (80 cm<sup>3</sup>/ha) fue el tratamiento en el que menor daño en espiga se registró, tanto en la Zona 1 (porción apical de la espiga) como en la Zona 2 (porción de la espiga debajo de la anterior).

-Todos los tratamientos evaluados rindieron más que el testigo, destacándose el tratamiento Clorantraniliprole a la dosis de 80 cm<sup>3</sup>/ha, que registró el mayor rendimiento, el cual fue 2.579 kg/ha superior al testigo.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- **Abbott, WS. 1925.** A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology* 18(2):265-267.
- **Acosta, R. 2009.** El cultivo de maíz, su origen y su clasificación. *El maíz en Cuba. Cultivos Tropicales* 30(2):113-120.
- **Arregui, MC; Puricelli, E. 2013.** Mecanismos de acción de plaguicidas. UNR (Universidad Nacional de Rosario). Rosario, AR, Editorial UNR. 265 p.
- **Ávila Pérez, CA. 1999.** Evaluación de seis de insecticidas y dos métodos de aplicación para el control del gusano elotero (*Helicoverpa zea*) en el cultivo del maíz dulce. Tesis Ingeniero Agrónomo. Zamorano, HO, Facultad de Ciencias Agrarias de Zamorano. 53 p.
- **Balbi, EI; Flores, FM. 2015.** Evaluación del daño causado por el "Cogollero de maíz" (*Spodoptera frugiperda*) y presencia de la "Isoca de la espiga" (*Helicoverpa zea*) en diferentes híbridos de maíz transgénico. (En línea). Marcos Juárez, AR, Ediciones INTA. Consultado 1 jun. 2017. Disponible en [http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_entomo\\_maiz15.pdf](http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_entomo_maiz15.pdf).
- **Bentivenha, JPF; Baldin, ELL; Montezano, DG; Hunt, TE; Paula Moraes, SV. 2016.** Attack and defense movements involved in the interaction of *Spodoptera frugiperda* and *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Pest Science* 90(2):433-445.
- **BCR (Bolsa de Comercio de Rosario, AR). 2015.** Anuario Estadístico 2015. (En línea). Rosario, AR, Pontón. Consultado 1 jun. 2017. Disponible en <http://www.bcr.com.ar>.
- **Burkness, EC; Koch, RL; Hutchison, WD. 2003.** Control of european corn borer and corn earworm in sweet corn, 2002. *Arthropod Management Tests* 2003 28(1):E22.
- **Burkness, EC; Galvan, TL; Hutchison, WD. 2009.** Optimizing *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) insecticidal efficacy in Minnesota sweet corn: A logistic regression to assess timing parameters. *Journal of Economic Entomology* 102(2):677-684.
- **Butler Junior, GD. 1976.** Bollworm: Development in relation to temperature and larval food. *Environmental Entomology* 5(3):520-522.
- **CABI (Centre for Agriculture and Biosciences International, UK). 2017.** *Helicoverpa zea* (American cotton bollworm). (En línea). Wallingford, UK, Invasive Species Compendium. Consultado 1 jun. 2017. Disponible en <http://www.cabi.org/isc/datasheet/26776>.

- **Cabrera Lara, NJ. 2015.** Evaluación del insecticida rynaxypyr sobre su acción ovicida en huevos de *Tecia solanivora*, Povolny (Lepidoptera: Gelechiidae). Tesis Ingeniero Agrónomo. San Juan de Pasto, CO, Facultad de Nariño. 26 p.
- **Cárcova, J; Borrás, L; Otegui, ME. 2008.** Producción de Granos. Bases funcionales para su manejo: Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y la calidad en maíz. AJ. Pasacale. Buenos Aires, AR, Editorial FAUBA. p. 135-163.
- **Capinera, JL. 2014.** Corn Earworm, *Helicoverpa (=Heliothis) zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae). (En línea). Florida, US, UF/IFAS. Consultado 1 jun. 2017. Disponible en <http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/IN/IN30200.pdf>.
- **CIR 1.5. 2002.** Software para análisis de espectro de pulverización CIR versión 1.5. Instituto de Ingeniería Rural, Gustavo A. Casal y CIA SRL y TyC SRL del Parque de Innovación Tecnológica Balcarce, AR.
- **Cook, KA; Weinzierl, R. 2004.** Corn Earworm (*Helicoverpa zea*). (En línea). Illinois, US, University of Illinois, Department of Crop Sciences. Consultado 1 jun. 2017. Disponible en [https://ipm.illinois.edu/fieldcrops/insects/corn\\_earworm.pdf](https://ipm.illinois.edu/fieldcrops/insects/corn_earworm.pdf).
- **Copes, JT; Huang, F; Sharp, JW; Temple, J; Leonard, BR. 2010.** Evaluation of Voliam Xpress for controlling corn earworm on sweet corn, 2009. Arthropod Management Tests 2010 35(1):E25.
- **Ditman, LP; Weiland, GS; Guill Junior, JH. 1940.** The metabolism in the corn earworm: III. Weight, water, and diapause. Journal of Economic Entomology 33(2):282-295.
- **Fitt, GP. 1989.** The ecology of *Heliothis* species in relation to agroecosystems. Annual Review of Entomology 34(1):17-52.
- **Flores, FM. 2010.** Manejo de plagas en el cultivo de maíz. (En línea). Marcos Juárez, AR, Ediciones INTA. Consultado 1 jun. 2017. Disponible en <http://inta.gob.ar/documentos/manejo-de-plagas-en-el-cultivo-de-maiz-1>.
- **Grützmacher, AD; Silva Martins, JF; Cunha, US. 2000.** Insetos-pragas das culturas do milho e sorgo no agroecossistema de várzea. (En línea). Pelotas, BR, Embrapa Clima Temperado. Consultado 1 jun. 2017. Disponible en [www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/743586/13/Documento74pag087101.pdf](http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/743586/13/Documento74pag087101.pdf).
- **Hannig, GT; Ziegler, M; Marcon, PG. 2009.** Feeding cessation effects of chlorantraniliprole, a new anthranilic diamide insecticide, in comparison with several insecticides in distinct chemical classes and mode-of-action groups. Pest Management Science 65(9):969–974.

- **Hardwick, DF. 1965.** The corn earworm complex. *Memoirs of the Entomological Society of Canada* 97:5-247.
- **Harrison, FP. 1960.** Corn earworm oviposition and the effect of DDT on the egg predator complex in corn silk. *Journal of Economic Entomology* 53(6):1088-1094.
- **Hendricks, DE; Graham, HM; Fernández, AT. 1970.** Mating of female tobacco budworms and bollworms collected from light traps. *Journal of Economic Entomology* 63(4):1229-1231.
- **Honda, K. 1995.** Chemical basis of differential oviposition by lepidopterous insects. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology* 30(1):1-23.
- **Iannone, N; Leiva, PD. 1994.** Manejo de insectos plaga del cultivo de maíz. Pergamino, AR, Ediciones INTA. p. 43-45.
- **Iannone, N. 2011.** Isoca de la espiga (*Helicoverpa zea*). (En línea). Pergamino, AR, Ediciones INTA. Consultado 1 jun. 2017. Disponible en <http://agroconsultasonline.com.ar>.
- **INFOSTAT. 2015.** Manual del usuario. (En línea). Córdoba, AR, Universidad Nacional de Córdoba. Consultado 1 jun. 2017. Disponible en <http://www.infostat.com.ar>.
- **IRAC (Insecticide Resistance Action Committee). 2017.** IRAC Mode of Action Classification Scheme. Consultado 1 jun. 2017. Disponible en <http://www.irac-online.org/documents/moa-classification/>.
- **Jacobson, A; Foster, R; Krupke, C; Hutchison, W; Pittendrigh, B; Weinzierl, R. 2009.** Resistance to pyrethroid insecticides in *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) in Indiana and Illinois. *Journal of Economic Entomology* 102(6):2289-2295.
- **Jasinski, J; Welty, C; Precheur, B; Kleinhenz, M. 2007.** New corn earworm management for fresh market sweet corn. (En línea). Columbus, US, Ohio State University. Consultado 1 jun. 2017. Disponible en <http://vegnet.osu.edu>.
- **Johnson, GV. 1944.** DDT for control of the tomato fruitworm. *Journal of Economic Entomology* 37(1):151-152.
- **Kahl, MB. 2015.** Serie extensión N° 77: Diciembre de 2015. Paraná, AR, Ediciones INTA. p. 71-83. (Serie extensión, no. 77).
- **Lai, T; Su, J. 2011.** Effects of chlorantraniliprole on development and reproduction of beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Hübner). *Journal of Pest Science* 84(3):381-386.
- **Latheef, MA; Witz, JA; López Junior, JD. 1991.** Relationships among pheromone trap catches of male corn earworm moths (Lepidoptera: Noctuidae), egg numbers, and phenology in corn. *The Canadian Entomologist* 123(2):271-281.

- **Lawson, V; Taber, HG. 2009.** Corn earworm control study. (En línea). Ames, US, Iowa State University. Consultado 1 jun. 2017. Disponible en [http://lib.dr.iastate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1539&context=farms\\_reports](http://lib.dr.iastate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1539&context=farms_reports).
- **Leiva, PD. 2013.** Para poder usar insecticidas poco tóxicos hay que hacer inteligencia. (En línea). Pergamino, AR, Ediciones INTA. Consultado 1 de jun. 2017. Disponible en <http://inta.gob.ar/documentos/para-poder-usar-insecticidas-poco-toxicos-hay-que-hacer-inteligencia>.
- **Lingren, PD; Bryant Junior, VM; Raulston, JR; Pendleton, M; Westrbook, J; Jones, GD. 1993.** Adult feeding host range and migratory activities of corn earworm, cabbage looper, and celery looper (Lepidoptera: Noctuidae) moths as evidenced by attached pollen. *Journal of Economic Entomology* 86(5):1429-1439.
- **Matrangolo, WJR; Cruz, I; Della Lucia, TMC. 1998.** Densidade populacional de *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae) nas fases de ovo, larva e adulto em milho. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* 27(1):21-28.
- **McLeod, P; Rashid, T. 2011.** Evaluation of coragen insecticide for corn earworm management on conventional and Bt sweet corn, 2010. *Arthropod Management Tests* 2011 36(1):E74.
- **McNeil, JN; Delisle, J. 1989.** Are host plant important in pheromone-mediated mating systems of Lepidoptera?. *Experientia* 45: 236-240.
- **Morey, AC; Hutchison, WD; Venette, RC; Burkness, EC. 2012.** Cold Hardiness of *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) Pupae. *Environmental Entomology* 41(1):172-179.
- **Musser, FR; Shelton, AM. 2003.** Bt sweet corn and selective insecticides: Impacts on pests and predators. *Journal of Economic Entomology* 96(1):71-80.
- **Natwick, ET. 2009.** Insecticides efficacy against corn earworm in sweet corn, 2008. *Arthropod Management Tests* 2009 34(1):E25.
- **Navasero, RC; Ramaswamy, SB. 1993.** Influence of plant age, water stress, larval damage, and presence of conspecific eggs on oviposition by *Heliothis virescens* (F.) on cotton. *Journal of Applied Entomology* 115(1-5):97-106.
- **Olmstead, DL; Nault, BA; Shelton, AM. 2016.** Biology, ecology, and evolving management of *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) in sweet corn in the United States. *Journal of Economic Entomology* 109(4):1667-1676.

- **O'Rourke, PK; Burkness, EC; Hutchison, WD. 1999.** Control of corn earworm and european corn borer on sweet corn, 1998. *Arthropod Management Tests* 1999 24(1):E37.
- **Pascucci, JI. 2013.** Bioecología y daños de *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) (Lepidoptera, Noctuidae), en cultivos de maíz dulce con diferente manejo del hábitat. Tesis Ingeniero Agrónomo. Balcarce, AR, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata. 37 p.
- **Phillips, JR; Newsom, LD. 1966.** Diapause in *Heliothis zea* and *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae). *Annals of the Entomological Society of America* 59(1):154-159.
- **Puterka, GJ; Slosser, JE; Prince, JR. 1985.** Parasites of *Heliothis* spp. (Lepidoptera: Noctuidae): Parasitism and seasonal occurrence for host crops in the Texas rolling plains. *Environmental Entomology* 14(4):441-446.
- **Quaintance, AL; Brues CT. 1905.** The cotton bollworm. L.O. Howard. Washington, US, United States Department of Agriculture Bureau of Entomology. Bulletin 50:1-112.
- **Quiles, JM. 2011.** Momento óptimo de aplicación de insecticidas para el control de *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) en maíz dulce. Tesis Ingeniero Agrónomo. Balcarce, AR, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata. 35 p.
- **Raina, AK; Kingan, TG; Mattoo, AK. 1992.** Chemical signals from host plant and sexual behavior in a moth. *Science* 255(5044):592-594.
- **Raulston, JR; Summy, KR; Loera, J; Pair, SD; Sparks, AN. 1990.** Population dynamics of corn earworm larvae (Lepidoptera: Noctuidae) on corn in the Lower Rio Grande Valley. *Environmental Entomology* 19(2):274-280.
- **Ritchie, SW; Hanway, JJ. 1982.** How a corn plant develops. Ames, US, Iowa State University of Science and Technology. 21 p. (Series Special Report, no. 48).
- **Sánchez Ortega, I. 2014.** Maíz I (*Zea mays*). *Reduca (Biología)* 7(2):151-171.
- **Shelton, AM; Olmstead, D. 2011.** Control of lepidoptera on sweet corn, 2010. *Arthropod Management Tests* 2011 36(1):E78.
- **Slosser, JE; Witz, JA; Puterka, GJ; Price, JR; Hartstack, AW. 1987.** Seasonal changes in bollworm (Lepidoptera: Noctuidae) moth catches in pheromone traps in a large area. *Environmental Entomology* 16(6):1296-1301.
- **Straub, RW. 2003.** Relationship of sweet corn silking stage to oviposition by the corn earworm. (En línea). Highland, US, NYS IPM Program, Agricultural IPM 2002-2003. Consultado 1 jun. 2017. Disponible en <http://ecommons.cornell.edu/handle/1813/45950>.

- **Tulli, MC; Vincini, AM; Pascucci, JI; Carmona, DM; Baquero, VG. 2016.** Bioecología de *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) en cultivos de maíz dulce con diferente manejo de hábitat. ENTOMOTROPICA 31(3):23-35.
- **Urretabizkaya, N; Vasicek, A; Saini, ED. 2010.** Insectos Perjudiciales de Importancia Agronómica: I. Lepidópteros. Buenos Aires, AR, Ediciones INTA. p. 47.
- **Vincini, AM; Álvarez Castillo, HA. 2000.** Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja: Plagas de los cultivos de girasol, maíz y soja. FH. Andrade; VO. Sadras. Balcarce, AR, Editorial Médica Panamericana S.A. p. 309-351.
- **Yang, F; Kerns, DL; Head, GP; Leonard, RB; Niu, Y; Huang, F. 2013.** Occurrence, distribution, and ear damage of *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) in mixed plantings of non-Bt and Bt corn containing Genuity SmartStax traits. Crop Protection 55:127-132.
- **Yang, F; Kerns, DL; Leonard, RB; Oyediran, I; Burd, T; Niu, Y, Huang, F. 2014.** Performance of Agrisure Viptera 3111 corn against *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) in seed mixed plantings. Crop Protection 69:77-82.
- **Zerbino, MS; Fassio, A. 1995.** Insectos plagas en maíz. INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria). Montevideo, UR, Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur S.R.L. p. 15-16.
- **Zhang, Q; Denlinger, DL. 2012.** Dynamics of diapause hormone and prothoracicotropic hormone transcript expression at diapause termination in pupae of the corn earworm, *Helicoverpa zea*. Peptides 34(1):120-126.