

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

“Trabajo Final presentado para optar al Grado de Ingeniero Agrónomo”

RESPUESTA DEL CULTIVO DE MAÍZ IMI TRATADO CON
CLORPIRIFOS A LA SEMILLA E IMIDAZOLINONAS EN POST
EMERGENCIA TEMPRANA

Alumno: Rafael Cuervo

DNI: 29177655

Director: Ing. Agr. Edgardo Zorza

Co-Director: Ing. Agr. Fernando Daita

Río Cuarto – Córdoba

Diciembre / 2007

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Trabajo Final:

RESPUESTA DEL CULTIVO DE MAÍZ IMI TRATADO CON
CLORPIRIFOS A LA SEMILLA E IMIDAZOLINONAS EN POST
EMERGENCIA TEMPRANA

Autor: Rafael Cuervo

DNI: 29.177.655

Director: Ing. Agr. Edgardo Zorza

Co-Director: Ing. Agr. Fernando Daita

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias del Jurado Evaluador:

Jerónimo E. Beviacqua

Graciela Boito

César O. Núñez

Fecha de Presentación: ___/_____/_____.

Aprobado por Secretaría Académica: ___/___/_____.

Secretario Académico

ÍNDICE GENERAL**CAPÍTULO 1**

INTRODUCCIÓN	1
1.1. Presentación, importancia del trabajo y antecedentes	1
1.2. Hipótesis y objetivos	4
1.2.1. Hipótesis	4
1.2.2. Objetivos	4
1.2.2.1. Objetivo General	4
1.2.2.2. Objetivos Específicos	4

CAPÍTULO 2

MATERIALES Y MÉTODOS	5
2.1. Caracterización del área de estudio	5
2.2. Descripción del ensayo	5
2.2.1. Barbecho y presiembra	5
2.2.2. Material genético y aplicación de insecticidas	5
2.2.3. Siembra del cultivo y primeros estadios del mismo	6
2.2.4. Aplicación de los tratamientos herbicidas	6
2.2.5. Definición de los tratamientos	6
2.2.6. Cosecha del cultivo	7
2.3. Variables medidas	7
2.3.1. Número de plantas emergidas	7
2.3.2. Fitotoxicidad	8
2.3.3. Altura de plantas a floración	8
2.3.4. Número de plantas a cosecha	8
2.3.5. Número de espigas a cosecha	8
2.3.6. Número de espigas por planta	8
2.3.7. Peso de granos por espiga	9
2.3.8. Peso de mil granos	9
2.3.9. Rendimiento en grano del cultivo	9
2.4. Diseño experimental y análisis estadístico	9

CAPÍTULO 3

RESULTADOS Y DISCUSIÓN	10
3.1. Valores promedio de las variables estudiadas	10
3.2. Resultados del ANOVA de las diferentes variables medidas	10
3.3. Número de plantas emergidas	11
3.4. Fitotoxicidad	12
3.5. Altura de plantas a floración	13
3.6. Número de plantas a cosecha	14
3.7. Número de espigas a cosecha	14
3.8. Número de espigas por planta	15
3.9. Peso de granos por espiga	15
3.10. Peso de mil granos	16
3.11. Rendimiento en grano del cultivo	16

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES	17
BIBLIOGRAFÍA CITADA	18

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Definición de los doce tratamientos del ensayo	7
Tabla 2. Valores promedio de las variables estudiadas del cultivo de maíz para los diferentes tratamientos	10
Tabla 3. Significancia estadística de los Factores de Variación y de las interacciones entre los mismos	11
Tabla 4. Número promedio de plantas de maíz emergidas en 10 m ²	11
Tabla 5. Incidencia de efectos fitotóxicos en 2 estadios diferentes del cultivo de maíz	12
Tabla 6. Altura (cm) promedio de plantas de maíz al estado de floración	13
Tabla 7. Número promedio de plantas de maíz a cosecha en 10 m ²	14
Tabla 8. Número promedio de espigas de maíz a cosecha en 10 m ²	14
Tabla 9. Número promedio de espigas por planta de maíz (prolificidad)	15
Tabla 10. Peso promedio (g) de granos por espiga de maíz	15
Tabla 11. Peso promedio de mil granos de maíz en gramos	16
Tabla 12. Rendimiento en grano del cultivo de maíz (Kg/Ha)	16

RESPUESTA DEL CULTIVO DE MAÍZ IMI TRATADO CON CLORPIRIFOS A LA SEMILLA E IMIDAZOLINONAS EN POST EMERGENCIA TEMPRANA

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue determinar experimentalmente la posible incompatibilidad entre el insecticida clorpirifos aplicado a la semilla y herbicidas imidazolinonas aplicados en postemergencia del cultivo de maíz. Para tal fin se realizó un estudio de campo en el área experimental de la UNRC, con tres híbridos de maíz (dekalb 682 MG CL, morgan 534 CL y pioneer 32K67 CL), dos insecticidas (clorpirifos y teflutrina) y dos mezclas de herbicidas (imazapic + imazapir e imazetapir + imazapir). Los tratamientos resultantes fueron dispuestos en un diseño experimental de parcelas divididas y en franjas, con cuatro repeticiones. Se cuantificaron las variables número de plantas emergidas, fitotoxicidad, altura de plantas a floración, número de plantas a cosecha, rendimiento en grano y sus componentes. Los resultados obtenidos no mostraron interacción entre los diferentes factores considerados. Todos los tratamientos presentaron síntomas fitotóxicos, posterior a la aplicación de los herbicidas, independientemente del insecticida curasemilla utilizado. El factor herbicida no tuvo incidencia sobre las variables medidas, mientras que los factores cultivar e insecticida modificaron los resultados obtenidos. Este último factor produjo efectos negativos en el número de plantas emergidas, número de plantas a cosecha y número de espigas a cosecha e incidió de manera positiva en el peso de granos por espiga. El rendimiento del cultivo de maíz IMI, tratado con el insecticida curasemilla clorpirifos y pulverizado con imidazolinonas en postemergencia temprana, no fue modificado significativamente con respecto a los tratamientos testigos en los que se utilizó el curasemilla teflutrina. Bajo las condiciones del estudio, la ausencia de interacción entre los insecticidas y herbicidas utilizados, permite rechazar la hipótesis de incompatibilidad entre insecticidas organofosforados aplicados a la semilla y herbicidas inhibidores de la enzima ALS aplicados en postemergencia del cultivo de maíz. Es necesario confirmar los resultados obtenidos en el presente estudio, en otras campañas agrícolas.

Palabras clave: Maíz IMI, Incompatibilidad, Clorpirifos, Imidazolinonas, Fitotoxicidad.

**RESPONSE OF THE IMI CORN CROP TREATED WITH CHLORPIRIPHOS TO THE
SEED AND IMIDAZOLINONES IN EARLY POSTEMERGENCE**

SUMMARY

This work is aimed at experimentally determining the possible incompatibility between the chlorpiriphos insecticide applied on the seed and imidazolinones herbicides applied in the postemergence of corn crop. For that purpose, a field study in the experimental area of the UNRC was realized with three corn hybrids (dekalb 682 MG CL, morgan 534 CL and pionner 32K67CL), two insecticides (chlorpiriphos and teflutrine) and two mixtures of herbicides (imazapic + imazapir and imazetapir + imazapir). The resultant treatments were arranged in an experimental design of divided parcels and in strips, with four repetitions. The following variables: number of plants emerged, phytotoxicity, height of plants to bloom, number of plants to harvest, grain yield and its components were quantified. The obtained results did not show interaction between the different considered factors. All the treatments presented phytotoxic symptoms after the application of the herbicides, independently of the used insecticide. The herbicide factor did not have any incidence on the measured variables, whereas the hybrid and insecticide factors did modify the obtained results. This latest factor produced negative effects in the number of emerged plants, number of plants to harvest and number of spikes to harvest and it affected positively the weight of the grains per spike. The yield of the IMI corn crop treated with chlorpiriphos insecticide and sprayed with imidazolinones in early postemergence was not significantly modified with respect to the witness treatments in which teflutrine insecticide was used. Under the conditions of the study, the absence of interaction between the used insecticides and herbicides, allow to reject the hypothesis of the incompatibility between organophosphorated insecticides applied to the seed and ALS inhibiting herbicides applied in postemergence of the corn crop. It is necessary to confirm the obtained results from this study in other agricultural campaigns.

Key words: IMI Corn, Incompatibility, Chlorpiriphos, Imidazolinones, Phytotoxicity.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1. Presentación, importancia del trabajo y antecedentes

El fitomejoramiento ha contribuido en forma decisiva al incremento de la producción agrícola, tanto en los países desarrollados como en los países en desarrollo durante el siglo XX. En la revolución verde, fueron esenciales las variedades de gran rendimiento de arroz y trigo, que hicieron posible un aumento espectacular de la producción de alimentos en Asia en el decenio de 1970. En los Estados Unidos, más de la mitad del adelanto en la productividad de los principales cultivos (maíz, soja y trigo), en los últimos 70 años, se atribuye a mejoras genéticas. La tasa anual del adelanto, debido al mejoramiento, se estima de uno a tres por ciento (FAO, 2006).

La investigación, el desarrollo y la obtención de híbridos de maíz resistentes o con algún grado de tolerancia a herbicidas, ha brindado a la agricultura la posibilidad de utilización de este tipo de fitosanitarios en materiales que hasta hace poco tiempo resultaba imposible de implementar.

Las imidazolinonas, son un grupo de herbicidas que permiten el control de un amplio espectro de malezas y son efectivos a bajas dosis de aplicación dada su alta potencia biológica (Nestares, 2006). Este grupo está compuesto por herbicidas sistémicos, en su mayoría selectivos; activos tanto para especies monocotiledóneas como dicotiledóneas en aplicación preemergente o post emergente temprana (BASF Argentina, 2004). Su mecanismo de acción consiste en inhibir la enzima acetolactato sintetasa (ALS), provocando una disminución en la síntesis de los aminoácidos valina, leucina e isoleucina, por lo que la planta susceptible detiene la producción de proteínas y muere (Vitta *et al.*, 2004). La muerte de la maleza puede ocurrir varias semanas después de la aplicación, debido a la lenta acción de este tipo de herbicidas.

Para el caso del maíz, se han desarrollado materiales resistentes a herbicidas del grupo de las imidazolinonas, con lo cual es factible utilizar dos tipos de herbicidas: onduy (imazapic + imazapir) y lightning (imazetapir + imazapir). A los maíces que poseen esta característica se los denomina comercialmente como maíces Clearfield o maíces IMI (Agroconnection, 2004).

La selectividad de las imidazolinonas se debe a la degradación diferencial del herbicida, siendo más rápida la descomposición metabólica en el cultivo (Vitta *et al.*, 2004).

El maíz tolerante a imidazolinonas presenta una enzima modificada que no es reconocida por el herbicida, el cual es inocuo dentro de la planta de maíz. Estos materiales no son transgénicos sino que responden a mutaciones inducidas por aplicación de dosis crecientes de herbicidas (BASF Chile, 2004).

El tratamiento con terápicos a la semilla antes de la siembra, es una práctica muy importante, porque es el primer paso para obtener un buen stand de plantas en el cultivo que vamos a implantar (INTA Balcarce, 2000 a).

La obtención de un elevado nivel de producción requiere una germinación y emergencia rápida y uniforme. El tratamiento de la semilla con insecticidas específicos permite controlar las plagas y los fungicidas pueden prevenir las enfermedades que provengan del suelo y/o que se encuentren en la misma simiente (INTA Balcarce, 2000 b).

En el sudeste de la provincia de Córdoba el cultivo de maíz sufre la amenaza de numerosas plagas de origen animal, siendo muy probables los daños por plagas tempranas de gran difusión como las orugas cortadoras (Lepidoptera: Noctuidae) y los gusanos blancos (Coleoptera: Scarabaeidae). Los altos rendimientos de este cultivo logrados en las últimas campañas son el resultado de buenas condiciones ambientales y de un amplio paquete tecnológico, en el cual se destaca el importante aumento de intensidad de uso de insecticidas y terapicos de semilla, situaciones que han permitido lograr cultivos con un adecuado stand de plantas y sin daños significativos posteriores en plantas y espigas. Los gusanos blancos son uno de los insectos más comunes asociados a la siembra directa, ya que es conocido que el laboreo del suelo no permite su desarrollo poblacional. Se ha identificado como especie principal de gusano blanco al bicho torito o candado (*Diloboderus abderus*), mientras que otras como *Cyclocephala signaticollis* y *Anomala spp.*, no provocan daños al maíz (Aragón y Flores, 2005).

El uso de un insecticida aplicado a la semilla, como forma de controlar insectos en la implantación, tiene muchas ventajas frente al tratamiento generalizado. La cantidad de producto aplicado por hectárea es considerablemente menor, hay una mejor protección de la semilla, no es necesario el traslado de importantes volúmenes de agua y no hay muerte de enemigos naturales (Zerbino, 2002).

Al momento de adquirir un híbrido de maíz en el mercado, es común que éste se encuentre tratado con plaguicidas que contrarresten el ataque de insectos de suelo y hongos. Uno de los insecticidas que se utiliza para la protección de las semillas contra insectos de suelo es el insecticida clorpirifos, el cual pertenece al grupo de los organofosforados (Barberá, 1989). Este insecticida utilizado como curasemilla, actúa fundamentalmente por inhalación e ingestión, formando una zona con vapores del insecticida que pueden prevenir el ataque de insectos de suelo, siendo poco significativa su actividad por contacto bajo esta modalidad de uso (CASAFE, 2007).

Existen antecedentes que indican la existencia de una interacción negativa entre insecticidas fosforados y herbicidas pertenecientes al grupo de los inhibidores de la enzima ALS en el cultivo de maíz (Penckowski *et al.* 2004).

Una planta tiene varias vías que pueden metabolizar diferentes compuestos extraños, pero ciertos insecticidas organofosforados y herbicidas inhibidores de la ALS comparten una vía metabólica común. Cuando uno o el otro están presentes en la planta, la vía metabólica es capaz de metabolizarlo antes de que este pueda causar daño; pero cuando ambos están presentes, la vía metabólica está “saturada” y no puede procesar efectivamente ambos componentes. Cuando esto sucede, el daño en el maíz es evidente (Hager y McGlamery, 1997).

Los insecticidas organofosforados y los herbicidas inhibidores de la ALS son metabolizados por el mismo sistema de enzimas en la planta de maíz. Si un insecticida organofosforado está presente en la planta de maíz en el momento de la aplicación del herbicida, la tasa a la cual el herbicida es metabolizado se ve reducida y esta disminución del metabolismo puede permitir al herbicida acumularse en el maíz a niveles perjudiciales (Hartzler *et. al.*, 2000).

Según Penckowski *et. al.* (2004), una explicación de este fenómeno es que los metabolitos del clorpirifos en la planta de maíz inhiben a la enzima citocromo P-450, responsable de la metabolización de las imidazolinonas. De esta manera, la molécula herbicida se acumula provocando daños en la planta.

Existen antecedentes que muestran variación en la respuesta del cultivo de maíz frente al uso de organofosforados y herbicidas inhibidores de la enzima ALS, dependiente del momento de aplicación del herbicida respecto al insecticida, de diferentes niveles de tolerancia según el cultivar, de condiciones climáticas y de suelo, entre otros (Papa y Massaro, 1998; Hartzler *et. al.*, 2000)

Considerando la necesidad de utilizar más de un agroquímico en un mismo cultivo durante su desarrollo, teniendo en cuenta además los antecedentes planteados, se tornan necesarios estudios a nivel regional que permitan confirmar la existencia de interacción insecticida – herbicida que afecte al cultivo de maíz con el fin de orientar al productor.

1.2. Hipótesis y objetivos

1.2.1. Hipótesis

Cuando la semilla de un híbrido de maíz IMI es tratada con insecticidas de la familia de los organofosforados, se producen efectos de incompatibilidad ante el uso de herbicidas del grupo de las imidazolinonas, aplicados en post emergencia del cultivo, manifestándose fitotoxicidad en el mismo que repercute negativamente en el rendimiento en grano.

1.2.2. Objetivos

1.2.2.1. Objetivo General

- Determinar experimentalmente la posible merma en el rendimiento en grano del cultivo de maíz que refleje incompatibilidad entre el clorpirifos aplicado a la semilla y los herbicidas imazapic 52,5% + imazapir 17,5%, e imazetapir 52,5% + imazapir 17,5% aplicados en post emergencia del cultivo.

1.2.2.2. Objetivos Específicos

- Identificar posibles comportamientos diferenciales entre híbridos frente a la aplicación de los distintos fitosanitarios mencionados anteriormente.
- Identificar las posibles diferencias entre los herbicidas frente al insecticida organofosforado aplicado a la semilla.
- Evaluar los componentes del rendimiento en grano del maíz en los diferentes tratamientos ensayados.

CAPÍTULO 2

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Caracterización del área de estudio

El trabajo se realizó en el campo de docencia y experimentación de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto, ubicado sobre Ruta Nacional 36, Km. 601.

En esta región el clima es subhúmedo con estación seca, mesotermal. Las precipitaciones medias anuales oscilan entre 700 – 800 mm. con régimen monzónico que concentra el 80 % de las lluvias entre octubre y abril (Degioanni, 1998).

El suelo es un Hapludol típico de textura franca arenosa muy fina, con un contenido de materia orgánica en el orden del 1,75% en las áreas cultivadas (Bricchi, 1996).

2.2. Descripción del ensayo

2.2.1. Barbecho y presiembra

Sobre un rastrojo de cereal de invierno de la campaña 2003, el día 23/08/04 se realizó un barbecho químico con glifosato al 48% a razón de 2,5 l/ha.

Debido a que la superficie utilizada contó con la posibilidad de uso de un equipo de riego por aspersión de avance frontal, con la finalidad de complementar las precipitaciones y asegurar buenas condiciones de humedad para un normal crecimiento y desarrollo del cultivo, el día 27/09/04 se aplicó una lámina de riego de 25 mm a los efectos de poder realizar la siembra con valores de humedad edáfica óptima.

2.2.2. Material genético y aplicación de insecticidas

Se utilizaron tres híbridos comerciales de maíz de semilla fiscalizada, resistentes a las imidazolinonas: dekalb 682 MG CL, morgan 534 CL y pioneer 32 K 67 CL, cada uno de estos materiales fue fraccionado en dos partes iguales y a cada parte se le aplicó el tratamiento insecticida correspondiente. Los insecticidas utilizados como curasemillas fueron: clorpirifos al 30%, formulado como EW (doser) y teflutrina al 19,5%, formulado como CS (force), utilizado como testigo, ambos aplicados a la semilla el día anterior a la siembra, mediante una máquina de tambor giratorio accionado por motor eléctrico, con dosis de 250 cm³ y 100 cm³ de producto comercial cada 100 Kg de semilla respectivamente y con un tiempo de mezclado de cinco minutos.

2.2.3. Siembra del cultivo y primeros estadios del mismo

La siembra del maíz fue realizada el día 28/09/04 con una densidad de 74000 semillas por hectárea. Para tal actividad se utilizó una sembradora neumática de siete surcos de siembra directa, con una distancia entre hileras de setenta centímetros. Junto a la siembra se efectuó una fertilización con fosfato diamónico y urea a razón de 20 kg/ha y 80 kg/ha respectivamente, aplicados al costado y por debajo de la línea de siembra.

El día 05/10/04 se realizó un riego de 20 mm y el 15/10/04 con el maíz en estado de primera hoja (V1) se pulverizó el ensayo con lambdacialotrina al 5% (karate) a una dosis de 100 cm³/ha como tratamiento preventivo contra orugas cortadoras (Lepidoptera: Noctuidae).

Toda labor de pulverización realizada en este experimento fue llevada a cabo mediante un pulverizador autopropulsado de parcela provisto de una fuente de presión de CO₂ con un botalón de 3,5 metros de ancho con siete picos Turbo Drop TD 01 con pastillas 110-02, distanciadas cada una de ellas a cincuenta centímetros, utilizando una presión de 40 libras/pulgada², asperjando un volumen total de 108 l/ha.

2.2.4. Aplicación de los tratamientos herbicidas

El día 29/10/04 y con el equipo anteriormente mencionado, se realizó la aplicación de los tratamientos herbicidas: imazapic 52,5% + imazapir 17,5% (onduty) e imazetapir 52,5% + imazapir 17,5% (lightning) (CASAFE, 2007). En el momento de la aplicación el cultivo se encontraba en el estadio de dos a tres hojas verdaderas (V2 – V3). La dosis empleada fue de 114 gramos de producto comercial formulado por hectárea.

Debido a que el objetivo de este experimento no fue evaluar el control de malezas por parte de los herbicidas utilizados, a la floración del cultivo se realizó un desmalezado manual de las malezas que escaparon al control químico, a los efectos de eliminar este factor que pudiese interferir con los resultados obtenidos.

2.2.5. Definición de los tratamientos

Debido a que en este ensayo se utilizaron tres híbridos de maíz, dos insecticidas curasemillas y dos herbicidas, el producto de estos factores dio como resultado doce posibles combinaciones entre ellos o **tratamientos** diferentes, los cuales se indican a continuación.

Tabla 1. Definición de los doce tratamientos del ensayo.

Híbrido	Insecticida	Herbicida	Tratamiento
dekalb 682 MG CL	force	onduty	1
		lightning	2
	doser	onduty	3
		lightning	4
morgan 534 CL	force	onduty	5
		lightning	6
	doser	onduty	7
		lightning	8
pioneer 32 K 67 CL	force	onduty	9
		lightning	10
	doser	onduty	11
		lightning	12

2.2.6. Cosecha del cultivo

La cosecha fue realizada el día 23/05/05 en forma manual sobre las plantas presentes en los tres surcos centrales y en una longitud de 2,85 metros en cada uno de estos surcos, lo que representó una superficie total de seis metros cuadrados en cada tratamiento y repetición. Las espigas recolectadas fueron desgranadas mediante una trilladora estática. El grano obtenido fue pesado en balanza electrónica. De cada tratamiento y repetición se obtuvo una alícuota para la determinación del peso de mil granos.

2.3. Variables medidas

2.3.1. Número de plantas emergidas

El día 26/10/04 se procedió a la cuantificación del número de plantas emergidas en el ensayo. Para dicha medición se tomaron los tres surcos centrales de cada uno de los doce tratamientos con sus cuatro repeticiones y dejando dos metros de bordura, se contó el número de plantas emergidas en 2,85 metros lineales, que corresponden a seis metros cuadrados.

2.3.2. Fitotoxicidad

Las evaluaciones de síntomas de fitotoxicidad e intensidad de los mismos fueron realizadas en forma visual en los estados de V4 – V5 y V7 – V8 del maíz (Chaila, 1986).

Para esta determinación, se asumió como planta afectada a todos aquellos individuos que presentaron al menos una hoja nueva (posterior a la aplicación herbicida) con síntomas fitotóxicos.

2.3.3. Altura de plantas a floración

La medición de la altura de plantas a floración de los híbridos dekalb y pioneer se realizó el día 27/12/04, mientras que para el híbrido morgan esta tarea debió posponerse al día 17/01/05 debido a que en la fecha anterior este material todavía no se encontraba florecido. La metodología implementada para la realización de la mensura de esta variable consistió en tomar diez plantas seguidas del surco central de cada tratamiento y repetición, dejando dos metros de bordura, la altura fue medida desde la base de la planta hasta la inserción de la panoja.

2.3.4. Número de plantas a cosecha

Al momento de la cosecha se determinó el número de plantas por superficie. Dicha medición se realizó en los tres surcos centrales de cada uno de los doce tratamientos y en sus cuatro repeticiones, dejando dos metros de bordura y contando el número de plantas presentes en 2,85 metros lineales, que representan seis metros cuadrados.

2.3.5. Número de espigas a cosecha

De igual forma que en 2.3.4., al momento de la cosecha también se contabilizó el número de espigas por superficie. Para dicha mensura se determinó el número de espigas presente en la superficie anteriormente evaluada.

2.3.6. Número de espigas por planta

La prolificidad o número de espigas por planta, surge de la relación entre el número de espigas a cosecha y el número de plantas a cosecha ($2.3.5 / 2.3.4$).

2.3.7. Peso de granos por espiga

Esta variable se determinó relacionando el peso de granos proveniente de cada parcela (2.3.9.) con el número de espigas cosechadas en las mismas (2.3.5.).

2.3.8. Peso de mil granos

Como fue mencionado en el punto 2.2.6., de cada tratamiento y repetición se obtuvo una alícuota del material cosechado para luego, mediante la utilización de balanza electrónica, determinar el peso de mil granos.

2.3.9. Rendimiento en grano del cultivo

Se cosechó en forma manual el total de espigas en 2,85 metros lineales de los tres surcos centrales de cada tratamiento y repetición, dejando dos metros de bordura. Las mismas fueron desgranadas mediante trilladora estática y el total de granos de maíz obtenido fue pesado y expresado en kilogramos por hectárea (kg/ha).

2.4. Diseño experimental y análisis estadístico

El tamaño de cada unidad experimental fue de siete surcos de ancho distanciados a setenta centímetros entre sí por siete metros de largo, lo que representó una superficie de 34,3 m². Los mismos fueron dispuestos en un diseño experimental de parcelas divididas y en franjas (split – strip plot), con cuatro repeticiones.

Los valores resultantes fueron sometidos al análisis de la varianza y las comparaciones múltiples se realizaron con el Test de Tukey, mediante el paquete estadístico INFOSTAT (INFOSTAT, 2002).

CAPÍTULO 3

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Valores promedio de las variables estudiadas

En la tabla que a continuación se presenta, se encuentra el promedio de los valores obtenidos en cada una de las variables medidas en este ensayo.

Tabla 2. Valores promedio de las variables estudiadas del cultivo de maíz para los diferentes tratamientos.

Tratam.	N PI	Al F	PI Cos	Esp Cos	Esp/PI	P G/Esp	P 1000	Rendim.
1	71.63	155.8	71.13	69.50	0.98	115.4	273.8	8030
2	74.88	157.9	73.25	67.50	0.92	123.6	265.5	8264
3	69.00	160.4	65.13	61.75	0.95	128.5	288.3	7948
4	70.63	157.7	63.75	61.25	0.96	146.2	287.2	8910
5	74.00	179.9	70.00	66.25	0.95	129.1	285.9	8403
6	74.00	179.9	75.00	65.75	0.88	114.1	271.4	7453
7	71.13	170.8	69.63	64.25	0.92	117.9	266.7	7580
8	70.75	171.8	65.38	60.38	0.93	128.1	269.6	7603
9	68.50	162.5	66.63	65.88	0.99	120.9	292.0	7955
10	72.00	166.1	64.25	62.88	0.98	123.6	290.0	7783
11	66.50	159.4	61.63	59.25	0.96	121.2	297.2	7200
12	65.00	169.8	60.13	58.00	0.97	116.7	291.6	6768

N PI: número de plantas emergidas en 10 m². **Al F:** altura de planta a floración en cm. **PI Cos:** número de plantas a cosecha en 10 m². **Esp Cos:** número de espigas a cosecha en 10 m². **Esp/PI:** número de espigas por planta. **P G/Esp:** Peso de granos por espiga en g. **P 1000:** Peso de mil granos en g. **Rendim:** rendimiento en grano en Kg/Ha.

3.2. Resultados del ANOVA de las diferentes variables medidas

La siguiente tabla representa la significancia estadística de los factores de variación. En ella se observan los F.V. que tuvieron incidencia sobre las variables estudiadas y la interacción entre ellos.

Tabla 3. Significancia estadística de los factores de variación y de las interacciones entre los mismos.

F.V.	N PI	Al F	Pl Cos	Esp Cos	Esp/Pl	P G/Esp	P 1000	Rendim.
CV	-	***	***	*	**	-	**	-
INS	*	-	***	*	-	*	-	-
HER	-	-	-	-	-	-	-	-
CV*INS	-	-	-	-	-	-	-	-
CV*HER	-	-	-	-	-	-	-	-
INS*HER	-	-	-	-	-	-	-	-
CV*INS*HER	-	-	-	-	-	-	-	-

*: p<0.05. **: p<0.01. ***: p<0.001. -: no significativo. CV: cultivar. INS: insecticida. HER: herbicida.

Aquí se observa que los factores incidentes en las variables medidas fueron cultivar e insecticida, mostrándose el factor herbicida totalmente independiente de los resultados obtenidos. Así mismo, es importante destacar la ausencia de interacción entre estos factores de variación. De este modo, es posible considerar los efectos de cada uno de estos factores sobre las variables analizadas.

3.3. Número de plantas emergidas

Tabla 4. Número promedio de plantas de maíz emergidas en 10 m².

Cultivar	Medias	Insecticida	Medias
pioneer	68.00 a	doser	68.83 a
dekalb	71.53 a	force	72.50 b
morgan	72.47 a		

En la misma columna, medias con distinta letra indica diferencias significativas según Test de Tukey (P<0.05).

Se observó diferencia significativa en el número de plantas emergidas según el terapico de semilla aplicado. El promedio de plantas en los tratamientos con el insecticida clorpirifos fue menor al número de plantas cuantificadas en los tratamientos con teflutrina.

Si bien el estudio realizado no permite determinar las causas del efecto observado, esta diferencia de plantas emergidas en relación con el insecticida utilizado, pudo deberse a diferencias en la efectividad de control de *Diloboderus abderus* (Coleoptera: Scarabaeidae) por los tratamiento insecticidas utilizados (CASAFE, 2007), considerando que en la campaña agrícola en la cual se realizó el estudio, Aragón y Flores (2005) advertían la presencia de un gran número de adultos de bicho torito (*D. abderus*) en el verano y otoño anterior, en el área de Marcos Juárez (Cba.), lo que indicaba la probabilidad de ataques intensos de gusanos blancos al maíz durante la etapa de emergencia y establecimiento del cultivo.

Otra posible causa de este menor número de plantas pudo estar dada por el efecto fitotóxico del insecticida. Zerbino (2002) trabajando con diferentes insecticidas curasemillas en maíz, incluido clorpirifos, encontró menor número de plantas de maíz tratado con respecto al testigo sin curar, atribuyendo este efecto a las bajas temperatura de suelo al momento de la siembra, por lo que la semilla se mantuvo en contacto con el producto por un período de tiempo más prolongado, afectando el poder germinativo de la misma.

Similares resultados obtuvieron Hoffman y Castiglioni (2005) trabajando con imidacloprid, utilizado como curasemilla en maíz, el que afectó la energía germinativa con un leve efecto depresor en la germinación.

3.4. Fitotoxicidad

Tabla 5. Incidencia de efectos fitotóxicos en 2 estadios diferentes del cultivo de maíz.

	V4 – V5	V7 – V8
T1	XXX	X
T2	XXX	X
T3	XXX	X
T4	XXX	X
T5	XXX	XX
T6	XXX	XX
T7	XXX	XX
T8	XXX	XX
T9	XXX	X
T10	XXX	X
T11	XXX	X
T12	XXX	X

XXX = 50 al 75% de plantas con al menos una hoja nueva con síntomas fitotóxicos.

XX = 25 al 50% de plantas con al menos una hoja nueva con síntomas fitotóxicos.

X = hasta el 25% de plantas con al menos una hoja nueva con síntomas fitotóxicos.

Al estado de V4 – V5 del cultivo se observaron síntomas fitotóxicos en todos los tratamientos, independientemente del insecticida utilizado. Estos síntomas se manifestaron en forma de clorosis (amarillamiento) en las láminas de las hojas del maíz, en proximidad de las vainas del mismo.

Efectos fitotóxicos también fueron reportados por Rodríguez (2005), quien encontró este tipo de respuesta en el maíz con la aplicación de lightning en el estado de V7 – V8 del cultivo.

Esta respuesta del cultivo es esperable ya que, ocasionalmente, el maíz con resistencia a imidazolinonas, luego de la aplicación de estos productos y hasta el estado de sexta hoja expandida,

puede presentar una leve clorosis que desaparece con el tiempo, no afectando el rendimiento (CASAFE, 2007).

En la evaluación realizada en el estado de V7 – V8, al igual que lo publicado por Morton (1991), se evidencia una recomposición gradual del cultivo, mostrando la gran capacidad que tiene el mismo para detoxificar la molécula herbicida.

Esta recuperación del cultivo fue para todos los tratamientos en general, pero los tratamientos 5, 6, 7 y 8 seguían manteniendo hasta un 50% de plantas con la sintomatología anteriormente descrita. Estos tratamientos coinciden con un único híbrido (morgan), por lo que la diferencia observada correspondería a la capacidad que cada material genético posee para tolerar la aplicación de imidazolinonas en postemergencia del cultivo (Hartzler *et. al.*, 2000).

3.5. Altura de plantas a floración

Tabla 6. Altura (cm) promedio de plantas de maíz al estado de floración.

Cultivar	Medias	Insecticida	Medias	Herbicidas	Medias
dekalb	157.95 a	doser	164.9 a	onduty	164.7 a
pioneer	164.43 b	force	167.0 a	lightning	167.1 a
morgan	175.59 c				

En la misma columna, medias con distinta letra indica diferencias significativas según Test de Tukey (P<0.001).

Esta variable no demostró haber sufrido alteraciones ocasionadas por la aplicación de agroquímicos, sino que la altura de plantas en este estado del cultivo puede ser explicada por las diferentes características genotípicas de los híbridos utilizados.

Es sabido que el *fenotipo* o apariencia de un organismo (en este caso altura total de planta), es el resultado de la interacción entre el *genotipo* o constitución genética heredada de los progenitores (o sea, características intrínsecas de los híbridos utilizados) y el *ambiente* en el cual estas plantas crecen y se desarrollan (radiación, temperatura, humedad, suelo, nutrientes, manejo de malezas, plagas, etc.) (Ferreira *et. al.*, 2003). Considerando que los tres híbridos utilizados en este ensayo, además de haber sido implantados en una superficie de reducidas dimensiones y sin aparente variabilidad, han recibido las mismas condiciones y tratamientos agroquímicos entre sí, por lo que las diferencias estadísticas de altura promedio entre ellos solo serían atribuibles a sus diferencias genotípicas con respecto a este carácter.

3.6. Número de plantas a cosecha

Tabla 7. Número promedio de plantas de maíz a cosecha en 10 m².

Cultivar	Medias	Insecticida	Medias	Herbicidas	Medias
pioneer	63.16 a	doser	64.27 a	lightning	66.9 a
dekalb	68.31 b	force	70.04 b	onduty	67.3 a
morgan	70.00 b				

En la misma columna, medias con distinta letra indica diferencias significativas según Test de Tukey ($P < 0.001$).

El número promedio de plantas a cosecha mostró diferencias estadísticamente significativas según el cultivar y el insecticida utilizado. Los tratamientos con clorpirifos, en concordancia con la cuantificación de plantas emergidas (tabla 4), presentaron un menor número de plantas al momento de la cosecha, en comparación con los tratamientos en los que fue aplicado el insecticida teflutrina.

En lo que respecta al efecto cultivar sobre esta variable, si bien en la mensura de plantas emergidas hubo una tendencia a menor número de individuos en el híbrido pioneer, esta diferencia no fue estadísticamente significativa en esa determinación. En el resultado aquí presentado y discutido, si bien todos los híbridos presentaron menor número de plantas a la cosecha con respecto al número de plantas emergidas, el híbrido pioneer disminuyó su stand de plantas en mayor proporción que dekalb y morgan, disminución tal que fue suficiente para diferenciar estadísticamente el menor número de plantas a la cosecha del híbrido pioneer con respecto a los otros dos materiales.

3.7. Número de espigas a cosecha

Tabla 8. Número promedio de espigas de maíz a cosecha en 10 m².

Cultivar	Medias	Insecticida	Medias	Herbicidas	Medias
pioneer	61.50 a	doser	60.81 a	lightning	62.6 a
morgan	64.16 ab	force	66.29 b	onduty	64.4 a
dekalb	65.00 b				

En la misma columna, medias con distinta letra indica diferencias significativas según Test de Tukey ($P < 0.05$).

De la misma manera que en el número de plantas a cosecha, se observaron diferencias estadísticamente significativas en el número de espigas por unidad de superficie según el cultivar y el insecticida utilizado. El número de espigas fue menor en los tratamientos con clorpirifos.

Si bien el maíz presenta una limitada plasticidad vegetativa ante disminuciones en la densidad, su plasticidad reproductiva es aún menor ya que, en una densidad subóptima, la mayor disponibilidad

de recursos por planta no afecta mayormente la morfogénesis de estructuras reproductivas en maíz (Andrade y Sadras, 2002).

3.8. Número de espigas por planta

Tabla 9. Número promedio de espigas por planta de maíz (prolificidad).

Cultivar	Medias	Insecticida	Medias	Herbicidas	Medias
morgan	0.92 a	doser	0.95 a	lightning	0.94 a
dekalb	0.95 b	force	0.95 a	onduty	0.96 a
pioneer	0.98 b				

En la misma columna, medias con distinta letra indica diferencias significativas según Test de Tukey ($P < 0.01$).

Se observó que la prolificidad del cultivo solo fue modificada por el factor de variación híbrido, mostrándose una independencia total de esta variable con respecto a los plaguicidas aplicados.

Comparando los resultados de las tablas 7 y 9 en lo que corresponde al factor híbrido, se evidencia una tendencia inversa en lo que hace a número de plantas a cosecha con respecto al número de espigas por planta, ya que, el híbrido que más plantas logró a cosecha mostró la menor prolificidad y viceversa.

El resultado obtenido en esta mensura puede ser explicado porque, a pesar de no ser un buen compensador, el maíz puede presentar mayor prolificidad ante disminuciones en densidad (Andrade y Sadras, 2002).

3.9. Peso de granos por espiga

Tabla 10. Peso promedio (g) de granos por espiga de maíz.

Cultivar	Medias	Insecticida	Medias	Herbicidas	Medias
pioneer	120.61 a	force	121.1 a	onduty	122.1 a
morgan	122.30 a	doser	126.4 b	lightning	125.4 a
dekalb	128.41 a				

En la misma columna, medias con distinta letra indica diferencias significativas según Test de Tukey ($P < 0.05$).

Esta variable fue significativamente afectada por el tratamiento insecticida. En este caso se observó mayor peso de grano por espiga en los tratamientos donde se aplicó clorpirifos. Esto habría permitido compensar el menor número de plantas y espigas logradas por los tratamientos con este insecticida y alcanzar similares rendimientos en granos por unidad de superficie, respecto al testigo.

3.10. Peso de mil granos

Tabla 11. Peso promedio de mil granos de maíz en gramos.

Cultivar	Medias	Insecticida	Medias	Herbicidas	Medias
morgan	273.39 a	force	279.7 a	lightning	279.2 a
dekalb	278.68 ab	doser	283.4 a	onduty	283.9 a
pioneer	292.68 b				

En la misma columna, medias con distinta letra indica diferencias significativas según Test de Tukey ($P < 0.01$).

El peso de mil granos solo fue modificado por la genética de cada híbrido, mostrándose independiente del tratamiento curasemilla y del herbicida aplicado.

3.11. Rendimiento en grano del cultivo

Tabla 12. Rendimiento en grano del cultivo de maíz (Kg/Ha).

Cultivar	Medias	Insecticida	Medias	Herbicidas	Medias
pioneer	7426 a	doser	7667 a	lightning	7796 a
morgan	7759 a	force	7981 a	onduty	7852 a
dekalb	8287 a				

En la misma columna, medias con igual letra indica diferencias no significativas según Test de Tukey ($P < 0.001$).

El rendimiento de grano del cultivo de maíz no fue afectado por los diferentes factores considerados.

Si bien los tratamientos a base de clorpirifos produjeron menor número de plantas y de espigas a cosecha, el rendimiento en grano no difirió del tratamiento con teflutrina. Esto estaría dado por un mayor peso de granos por espiga, producto de un mayor número de granos, ya que el peso de los mismos no fue modificado por el factor insecticida.

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones del estudio, la ausencia de interacción entre los factores, permite rechazar la hipótesis de incompatibilidad entre insecticidas organofosforados aplicados a la semilla y herbicidas inhibidores de la enzima ALS, aplicados en postemergencia del cultivo de maíz.

Los efectos sobre las variables evaluadas se debieron sólo a dos de los tres factores considerados; cultivar e insecticida. El factor herbicida, solo produjo síntomas fitotóxicos en maíz, independientemente del insecticida curasemilla utilizado.

El menor número de plantas a implantación, y por consiguiente a cosecha, de los tratamientos en los cuales las semillas de maíz fueron tratadas con el insecticida organofosforado, no incidió de manera significativa en el rendimiento en grano del maíz.

El rendimiento del cultivo de maíz IMI tratado con el insecticida curasemilla clorpirifos y herbicidas imidazolinonas en postemergencia temprana, no fue modificado significativamente con respecto al tratamiento testigo, tratado con el curasemilla teflutrina.

Dados los múltiples factores que pueden afectar la interacción insecticida-herbicida, se considera necesario confirmar los resultados en futuras campañas agrícolas.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

AGROCONNECTION 2004 Desarrollo de híbridos de maíz tolerantes a herbicidas. En: www.agroconnection.com.ar/secciones/cultivos/maiz/S013A00031.htm. Consultado: 24-09-2004.

ANDRADE, F.H. y V.O. SADRAS 2002 **Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja**. 2^{da} edición. Coordinadores de edición Fernando H. Andrade y Víctor O. Sadras, Buenos Aires.

ARAGÓN, J. y F. FLORES 2005 Insectos de suelo perjudiciales para el maíz: alternativas de manejo. En: www.inta.gov.ar/MJUAREZ/info/documentos/entomología/insmz05.htm. Consultado: 31-07-2007.

BARBERÁ, C. 1989 **Pesticidas Agrícolas**. 4^{ta} edición. Ed. Omega, Barcelona.

BASF ARGENTINA 2004 Herbicidas. On Duty y Lightning. En: www.agro.basf.com.ar. Consultado: 04-11-2004.

BASF CHILE 2004 Tecnología Clearfield. En: www.basf.cl/agro/folletos/clearfield/pag_1.html. Consultado: 04-11-2004.

BRICCHI, E. 1996 **Relaciones entre la compactación, morfología y propiedades físicas de un Hapludol típico de Río IV**. Tesis de Magíster Scientiae. Fac. Agronomía. UBA.

CASAFE 2007 **Guía de Productos Fitosanitarios**. Cámara De Sanidad Agropecuaria Y Fertilizantes. República Argentina. Tomo I p 540-545, 551-553. Tomo II p 1274-1283, 2192-2193.

CHAILA, S. 1986 **Métodos de evaluación de malezas para estudio de población y control**. Malezas ASAM. 14 (2): 5-78.

DEGIOANNI, A. 1998 **Organización territorial de la producción agraria en la región de Río Cuarto**. Tesis doctoral. Universidad de Alcalá de Henares. Dpto. de geografía. Alcalá de Henares. España.

FAO 2006 Iniciativa mundial de fitomejoramiento. La fuerza del mejoramiento. En: www.fao.org/ag/esp/revista/0606sp1.htm Consultado: 26-09-2007.

FERREIRA, V., B. SZPINIAK y E. GRASSI 2003 Expresión génica y efectos ambientales. Genética mendeliana – Herencia de un solo gen. **Genética**. Tema 3. p 9.

HAGER, A. y M. McGLAMERY 1997 Insecticide/Corn Herbicide Interactions. Department of Crop Sciences. En: www.ipm.uiuc.edu/bulletin/pastpest/articles/v977i.html Consultado: 14-09-2006.

HARTZLER, B., B. PRINGNITZ y M. OWEN 2000 Interactions between ALS-herbicides and organophosphate insecticides. En: www.ipm.iastate.edu/ipm/icm/2000/5-22-2000/interaction.html Consultado: 14-09-2006.

HOFFMAN, E. y E. CASTIGLIONI 2005 Evaluación del efecto del insecticida imidacloprid sobre factores asociados a la implantación y crecimiento inicial de girasol, maíz y sorgo. En: www.calister.com.uy/actualizacion_03_2006/EEMAC%201.doc. Consultado: 02-10-07.

INFOSTAT VERSIÓN 1.1. 2002 **Grupo Infostat**. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba. Primera Edición. Ed. Brujas. Argentina. p 266.

INTA BALCARCE 2000 a. Control de malezas anuales en maíz. En: www.intabalcarse.org/eventos/CGruesa2000/controlquim.htm. Consultado: 22-11-2004.

INTA BALCARCE 2000 b. Importancia del curado de la semilla antes de la siembra. En: www.intabalcarse.org/divulgtec/sanidadvegetal/curado.htm. Consultado: 22-11-2004.

MORTON, C. A. 1991 Effect of DPX-V9360 and terbufos on field and sweet corn (*Zea mays*) under three environments. **Weed Technol.** 5: 130-136.

NESTARES, G. 2006 Apuestan al mejoramiento genético en girasol. Universidad Nacional de Rosario En: www.unr.edu.ar/periodico/secciones/2006/agosto/_agra-girasol.htm. Consultado: 14-12-2006.

PAPA, J. C. y R. A. MASSARO 1998 Evaluación de la fitotoxicidad sobre maíz del nicosulfurón aplicado solo y en mezclas con clorpirifos. Para Mejorar la Producción. Maíz. Campaña 1998/99. INTA EEA Oliveros, N° 10: 63 – 66.

PENCKOWSKI, L.H.; M.J. PODOLAN y R.F. LÓPEZ-OVEJERO 2004 Tolerância de milho tratado com inseticidas a herbicidas do grupo das imidazolinonas. **Planta Daninha.** 22 (2). En: www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-83582004000200019&script=sci_arttext. Consultado: 11-09-2006.

RODRIGUEZ, N. 2005 Control de malezas en cultivo. Evaluar el comportamiento de equip y mezclas con residuales en aplicaciones postemergentes en el cultivo de maíz. EEA INTA Anguil. En: <http://www.inta.gov.ar/ANGUIL/info/publicaciones/publi61/cap20.pdf>. Consultado: 23-08-2007.

VITTA, J.; D. FACCINI; E. LEGUIZAMÓN; L. NISENSOHN; J. PAPA; E. PURICELLI y D. TUESCA 2004 **Herbicidas: Características y Fundamentos de su Actividad**. UNR Editora, Rosario.

ZERBINO, S. 2002 Efecto de la siembra directa sobre la macrofauna del suelo. En: www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/le/pol/2002/informe-30.pdf. Consultado: 02-10-07.

