

Efecto de aplicaciones divididas de atrazina + alachlor en el control de malezas y rendimiento del maíz

Antonio Cristóbal Andino Verdy

Honduras
Diciembre, 2002

ZAMORANO
CARRERA DE CIENCIA Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

Efecto de aplicaciones divididas de atrazina + alachlor en el control de malezas y rendimiento del maíz

Trabajo de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado
Académico de Licenciatura

Presentado por:

Antonio Cristóbal Andino Verdy

Honduras
Diciembre, 2002

El autor concede a Zamorano permiso
para reproducir y distribuir copias de este
trabajo para fines educativos. Para otras personas
físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor.

Antonio Cristóbal Andino Verdy

Honduras
Diciembre, 2002

Efecto de aplicaciones divididas de atrazina + alachlor en el control de malezas y rendimiento del maíz

Presentado por:

Antonio Cristóbal Andino Verdy

Aprobada:

Abelino Pitty, Ph.D.
Asesor Principal

Jorge Iván Restrepo, M.P.A.
Coordinador Carrera de Ciencia y
Producción Agropecuaria

Rogelio Trabanino, M.Sc.
Asesor

Antonio Flores, Ph.D.
Decano

Jaime Nolasco, M.A.E.
Asesor

Mario Contreras, Ph.D.
Director General

Alfredo Rueda, Ph.D.
Coordinador Area Temática
Fitotecnica

DEDICATORIA

A mis padres Julio y Celeste, de quienes me siento muy orgullosos, por sus grandes sacrificios, apoyo en todo momento, y los ánimos brindados para poder realizar mis estudios universitarios y lograr culminarlos de la mejor manera.

A mis hermanos David y Julio Adrián, quienes siempre han estado en todo momento para compartir muchas cosas.

AGRADECMIENTOS

El mayor agradecimiento es para mis padres, por estar siempre conmigo dándome toda su ayuda incondicional para poder completar una meta propuesta, y por que siempre han sido y serán para mí modelos a seguir en toda mi formación.

A toda mi familia, que en todo momento ha estado pendiente de mi desempeño y logros que he alcanzado.

A mi asesor el Dr. Abelino Pitty, por sus enseñanzas, sus oportunos y sabios consejos, que hicieron posible la realización de este trabajo.

A mis asesores Rogelio Trabanino y Jaime Nolasco, por la ayuda y el tiempo invertido para lograr mis objetivos.

A todo el personal de Cultivos Extensivos, quienes estuvieron involucrados en la realización de este trabajo.

A todos mis amigos y compañeros, por su amistad y ayuda en todo momento.

AGRADECIMIENTO A PATROCINADORES

Al Instituto Ecuatoriano de Crédito Estudiantil y Becas (IECE), por las oportunidades de financiamiento para iniciar mis estudios.

A la compañía Monsanto por su ayuda económica durante el cuarto año.

A Zamorano, por parte del financiamiento en mi último año de estudios.

A la Cooperación Técnica Belga, por el financiamiento brindado para poder finalizar mis estudios universitarios.

RESUMEN

Andino Verdy, Antonio. 2002. Efecto de aplicaciones divididas de atrazina + alachlor en el control de malezas y rendimiento del maíz. Proyecto del Programa de Ingeniero Agrónomo, El Zamorano, Honduras. 23 p.

Zamorano requiere optimizar el uso de herbicidas en el cultivo del maíz mediante el uso eficiente de atrazina + alachlor. Estos herbicidas se aplican una vez en preemergencia al maíz, con lo cual se obtiene alto control de malezas al principio, pero la degradación de los herbicidas en el suelo no permite controlar las malezas que germinan al remover el suelo con la cultivadora mecánica. El objetivo fue determinar el efecto de atrazina + alachlor en aplicaciones divididas de la misma dosis, sobre el control de malezas y rendimiento del cultivo. El ensayo se realizó entre febrero y junio de 2002 en el Zamorano, Honduras. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones. La mezcla utilizada fue atrazina + alachlor, a 1.5 kg de i.a./ha de cada herbicida, ésta se dividió en dos aplicaciones, evaluando, cuatro fracciones de la dosis: 100-0%, 60-40%, 50-50% y 40-60%. La primera aplicación se hizo en preemergencia del cultivo y la segunda 30 días después; previo a la segunda aplicación se cultivó mecánicamente y se fertilizó; ambas aplicaciones fueron preemergentes a las malezas. Se estableció un control manual y un testigo absoluto sin control. En la primera aplicación hubo más control de malezas al utilizar la fracción 100-0% ($\alpha \leq 0.05$) comparado a los otros tratamientos; la fracción 60-40% dio mayor control que la fracción de 50-50% y 40-60%. En la segunda aplicación el mayor control fue con la fracción 60-40% ($\alpha \leq 0.05$). La diferencia en el control de malezas al emplear 60-40% se debió a que los herbicidas estuvieron en el suelo mayor tiempo al dividir la dosis en dos aplicaciones, y al alto control que se obtuvo en la primera aplicación, facilitando así el control de malezas en la segunda aplicación. La aplicación dividida 60-40% superó en 53% al rendimiento de la fracción 100-0% y en 85% al rendimiento del testigo absoluto. Por lo tanto, es más rentable la fracción de dosis 60-40% que los otros tratamientos evaluados por las diferencias en ingresos generados de acuerdo a los volúmenes de ventas estimados.

Palabras clave: Cultivadora mecánica, degradación de herbicidas, germinación de malezas, persistencia de herbicidas, *Zea mays*.

NOTA DE PRENSA

OPTIMIZACIÓN DEL USO DE LASSO[®] Y GESAPRIM[®] PARA EL CONTROL DE MALEZAS EN MAÍZ

El uso de herbicidas para el control malezas en la actualidad ha llegado a ser considerado de mucho éxito, por su versatilidad y eficacia. Su inadecuado manejo ha causado grandes efectos en los sistemas de producción y en el medio ambiente.

Zamorano, para controlar malezas en el cultivo de maíz destinado a grano y semilla comercial, emplea Lasso[®] + Gesaprim[®] en una aplicación al inicio del cultivo antes que éste emerja, obteniendo un alto control de malezas en las primeras etapas del cultivo, pero en muchos casos existe incidencia de malezas en el resto del ciclo del cultivo, sobretodo después de cultivar el terreno para el control mecánico de malezas.

Se realizó un estudio efectuado entre febrero y junio de 2002, en los campos de cultivos extensivos donde se evaluó la mezcla Lasso[®] + Gesaprim[®] (1.5 + 1.5 kg i.a./ha), la cual se dividió en dos aplicaciones, evaluando en cada una, cuatro fracciones de la dosis: 100-0%, 60-40%, 50-50% y 40-60%. La primera aplicación de las fracciones se hizo antes de la emergencia del cultivo, y la segunda 30 días después, aplicando las fracciones restantes, previo a esta última aplicación se cultivó mecánicamente. Para el estudio se tomaron en cuenta: el control de malezas, el rendimiento del cultivo y análisis económico de cada tratamiento.

El mejor resultado se observó con la aplicación dividida de 60% de la dosis en la primera aplicación y 40% en la segunda, obteniendo mayor control de malezas respecto a las otras fracciones y al tratamiento que se ha venido realizando para aplicar Lasso[®] + Gesaprim[®]. Con la fracción 60-40% también se obtuvo el mayor rendimiento, existiendo diferencias muy marcadas en el volumen de producción comparado a todos los tratamientos evaluados, representando así mayores ingresos y rentabilidad en costos.

CONTENIDO

Portada.....	i
Portadilla.....	ii
Autoría.....	iii
Página de firmas.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimientos.....	vi
Agradecimientos a patrocinadores.....	vii
Resumen.....	viii
Nota de prensa.....	ix
Contenido.....	x
Índice de cuadros.....	xii
Índice de anexos.....	xiii
 1. INTRODUCCIÓN.....	 1
1.1 OBJETIVOS.....	2
1.1.1 General.....	2
1.1.2 Específicos.....	2
 2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	 3
2.1 PROBLEMAS CAUSADOS POR LAS MALEZAS.....	3
2.1.1 Competencia y período crítico de competencia.....	3
2.1.2 Problemas en la cosecha.....	3
2.1.3 Pérdidas en rendimiento.....	4
2.2 CONTROL MECÁNICO DE LAS MALEZAS.....	4
2.3 CONTROL QUÍMICO DE LAS MALEZAS.....	4
2.3.1 Uso de mezcla de herbicidas.....	5
2.3.2 Aplicaciones preemergentes.....	5
2.3.3 Aplicaciones divididas.....	5
2.4 PERSISTENCIA DE LOS HERBICIDAS EN EL SUELO.....	6
2.4.1 Degradación biológica de la molécula del herbicida.....	6
2.4.2 Volatilización de herbicidas.....	6
2.4.3 Resistencia de las malezas.....	6

2.4.4	Atrazina y alachlor.....	7
-------	--------------------------	---

3.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	8
3.1	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	8
3.2	TRATAMIENTOS.....	8
3.3	VARIABLES MEDIDAS.....	8
3.3.1	Control de malezas.....	8
3.3.2	Rendimiento.....	9
3.4	EQUIPO Y MÉTODO DE APLICACIÓN.....	9
3.5	MANEJO DEL CULTIVO.....	10
3.6	ANÁLISIS ECONÓMICO.....	10
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	11
4.1	EVALUACIÓN DEL CONTROL DE MALEZAS.....	11
4.1.1	Aplicación preemergente al cultivo y malezas.....	11
4.1.2	Aplicación postemergente al cultivo y preemergente a las malezas.....	11
4.2	EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO.....	12
4.3	EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	13
5.	CONCLUSIONES.....	16
6.	RECOMENDACIONES.....	17
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	18
8.	ANEXOS.....	20

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N°	Pag.
1. Descripción y características para cada tratamiento de atrazina + alachlor en aplicaciones divididas, El Zamorano, Honduras, 2002.....	9
2. Porcentaje de control de malezas con atrazina + alachlor (1.5 + 1.5 kg de i.a./ha) en muestreos realizados 30 días después de cada aplicación de fracción de dosis, El Zamorano, Honduras 2002.....	12
3. Número de mazorcas y rendimientos por hectárea para aplicaciones divididas de atrazina + alachlor, El Zamorano, Honduras, 2002.....	13
4. Costos variables por hectárea (en lempiras), según el tratamiento para control de malezas en maíz, El Zamorano, Honduras, 2002.....	14
5. Estado de resultados para la producción de maíz, de acuerdo al uso de atrazina + alachlor para el control de malezas, El Zamorano, Honduras, 2002.....	15

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N°	Pag.
1. Costos por hectárea en lempiras sin variación dentro del estudio para la producción de maíz, El Zamorano, Honduras, 2002.....	21
2. Plantas/0.25 m ² de malezas emergidas 30 días después de la primera aplicación de atrazina + alachlor en maíz, El Zamorano, Honduras, 2002.....	22
3. Plantas/0.25 m ² de malezas emergidas 30 días después de la segunda aplicación de atrazina + alachlor en maíz, El Zamorano, Honduras, 2002.....	23

1. INTRODUCCIÓN

Las malezas son consideradas como un problema mundial para el sector agrícola, ya que éstas limitan el rendimiento de los cultivos; son consideradas plantas de hábito competitivo y agresivas, que interfieren en el comportamiento de las plantas cultivadas. Estos efectos reflejan una disminución en los ingresos de los productores, motivo por el cual, es necesario realizar un control eficiente de estas plantas nocivas.

Se considera que el control químico es uno de los mejores métodos para eliminar malezas, sin embargo, no se ha alcanzado su óptimo aprovechamiento debido a deficiencias en técnicas de uso y utilización inadecuada de productos; ocasionando que el problema de la maleza continúe (Gómez, 1993).

Según Aldrich y Leng (1986), las malezas dificultan las labores de cosecha o contaminan con semillas extrañas el grano y maquinaria que se emplea; las malezas presentes en el campo pueden producir sustancias alelopáticas, durante su etapa vegetativa o durante su descomposición en el suelo, lo cual puede interferir con el siguiente cultivo. Al conocer el comportamiento general de las malezas y realizar planificaciones correctas para siembras, control químico y labores culturales, se puede aumentar el rendimiento de los cultivos y la rentabilidad de los mismos.

En Zamorano se quiere optimizar el control químico conocido mediante el uso eficiente de herbicidas en el cultivo de maíz, debido a que éste se destina para semilla comercial certificada. En el ciclo del cultivo, las malezas afectan mayormente antes que emerja el cultivo y en las primeras etapas, donde es más susceptible a los efectos que las malezas pueden causar, ya que compiten por agua, luz y nutrientes. El siguiente efecto de mayor daño por las malezas es después de la primera fertilización, ya que el terreno es removido por la cultivadora mecánica para controlar malezas y fertilizar, con lo anterior se promueve la emergencia de las semillas de malezas existentes en el suelo. Para controlar la maleza, Zamorano

[illegible]

□B□□□□□□B□□□B□□□□□□B□□□□□□B□□□□□□B□□□□□□B□

□ □ □ † □ □ □ □ □ □ □ ¼ □ □ □ □ □ □ □ ¼ □ □ □ □ □ □ □ ¼ □ □ □ □ □ □ □ ¼ □ □ □ □ □ □ □ Ü □ ¶ Á □ 7
□ □ □ ø □ ĺ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ ð Õ □ □

2

- Evaluar la efectividad del control de malezas para cada tratamiento.
- Evaluar el rendimiento del cultivo de maíz con los distintos tratamientos.
- Identificar el tratamiento más viable económicamente.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 PROBLEMAS CAUSADOS POR LAS MALEZAS

Aunque el control de malezas se ha practicado desde hace miles de años, ha sido el área más descuidada tecnológicamente, esto se debe a que el efecto de las malezas no es tan obvio o espectacular comparado al daño de plagas, enfermedades y deficiencias nutricionales (Doll, 1979).

2.1.1 Competencia y período crítico de competencia

Las plantas compiten principalmente por agua, nutrientes y luz; algunos autores incluyen competencia por espacio y CO₂, aunque en condiciones de campo la competencia real no es por espacio, sino por algo que se encuentra dentro de ese espacio (Pitty, 1997).

La competencia entre el cultivo y la maleza no es igual durante todo el ciclo. Existe un período al inicio cuando éste puede soportar las malezas sin reducción en el rendimiento. Hay otro período al final del ciclo del cultivo donde las malezas presentes ya no reducen el rendimiento. En medio de estos dos períodos está el período crítico de competencia que es el período en el cual debemos controlar las malezas para no tener reducción en la producción (Pitty, 1997). El período crítico de competencia es muy variable y cambia de acuerdo a la especie de maleza o cultivo, ya que cada especie tiene características diferentes para competir con éxito con otras especies. Los factores del ambiente y la densidad de malezas también determinan la duración de este período (Pitty, 1997).

Según Kells (1999), investigaciones realizadas en Michigan determinaron que el período crítico de control de malezas en maíz se establece en los primeros días después de la siembra, se realizaron tratamientos de control de las malas hierbas cuando éstas alcanzaron 2, 4, 6, y 8 pulgadas en altura, observando pérdidas en la producción del 10 y 20% al realizar el control a 6 y 8 pulgadas de altura de la maleza, respectivamente.

2.1.2 Problemas en la cosecha

La cosecha mecánica o manual es más lenta cuando hay muchas malezas. También las combinadas o cosechadoras mecánicas se atascan con las malezas y hay que limpiarlas constantemente (Pitty y Godoy, 1997).

2.1.3 Pérdidas en rendimiento

Parte de la reducción en rendimiento se debe a la interferencia de las malezas, que se refiere a todos los efectos directos que una planta puede tener sobre otra, tales como competencia, alelopatía y parasitismo. La reducción en rendimiento es muy variada y depende de las especies de malezas, del cultivo y de las condiciones ambientales (Pitty, 1997). Según Donald y Eastin (1995), la reducción del rendimiento también se debe a la mala calidad del grano, producto de granos pequeños y mal formados, a causa de la competencia de las malezas. Investigadores en Canadá encontraron que la competencia de malezas afectó las primeras etapas del cultivo de maíz, causando pérdidas de la producción en 5% entre las primeras dos y siete semanas después de la siembra (Hartzler, 2001).

2.2 CONTROL MECÁNICO DE LAS MALEZAS

Existe un gran número de actividades empleadas comúnmente por los productores de maíz y en general granos básicos para este tipo de control de malezas; la implementación de éstas dependerá de la extensión del cultivo, características de las malezas a controlar, costo de la mano de obra y maquinaria. La cultivación es un método efectivo para controlar malezas pequeñas. Sin embargo, se requieren varias pasadas para alcanzar un buen control ya que las malezas rebrotan rápidamente y muchas semillas germinan después de hacer la cultivación, especialmente si hay lluvia (Mero, 1997).

La cultivación es aplicable en cultivos extensivos donde el acceso no es limitado por la topografía y si se usa en forma eficiente junto a otros controles puede reducir la reserva de semillas en el suelo; aunque según Samson y Coulman (1989), esta actividad es menos eficiente si no se complementa con el uso de herbicidas para controlar malezas, aún cuando se hagan múltiples pasadas (Mero, 1997).

El uso de cultivadoras puede presentar algunas desventajas. En suelos húmedos, o si hay lluvia inmediatamente después de la labor, las raíces pueden establecerse rápidamente; en efecto la maleza puede ser transplantada con poco o ningún daño. En malezas perennes se dificulta su control cuando éstas están establecidas y han desarrollado rizomas, estolones, tubérculos o raíces reproductivas (Klingman y Ashton, 1991).

2.3 CONTROL QUÍMICO DE LAS MALEZAS

Según FAO *et al.* (1987), el control químico de las malezas presenta varias ventajas sobre los otros tipos de controles, ya que requiere menos energía que otros para eliminar las malezas, es de rápida acción por lo cual puede ser usado para grandes extensiones y disminuye el deterioro del suelo por menos laboreo. La restricción del uso de herbicidas actualmente se debe a la preocupación por los residuos que dejan en el suelo, la resistencia que puede crear en las malezas y la contaminación del ambiente.

5

2.3.1 Uso de mezcla de herbicidas

Recientemente, se ha incrementado el uso de mezclas de herbicidas. Estas mezclas son muy efectivas y económicas únicamente cuando se utilizan con un fin determinado. Las razones para emplear mezclas de herbicidas son: Ampliar el rango de acción del herbicida, cuando dos herbicidas se complementan en el control de malezas resistentes a uno de los herbicidas en la mezcla. Aumentar la selectividad hacia un cultivo, por ejemplo, uno de los herbicidas de la mezcla es muy efectivo para el control de las malezas, pero la selectividad hacia el cultivo es marginal; en mezcla con otro herbicida de alta selectividad, pero con menos eficacia de control, se puede emplearlo reduciendo la dosis. Disminuir el costo, cuando uno de los herbicidas de la mezcla es altamente eficaz, pero demasiado caro. Disminuir la posibilidad de residuos hacia cultivos de rotación, se puede aplicar en una dosis reducida en mezcla con otro producto no tan residual (Doll, 1979).

La selección del tipo de herbicida, su manejo, el cultivo en el que se utilice y el costo en el que se incurre con su aplicación, determinarán eficiencia o ineficiencia de éste (Mercado, 1979).

2.3.2 Aplicaciones preemergentes

Las aplicaciones preemergentes se hacen después de sembrar el cultivo, pero antes de la emergencia de las malezas. Para una máxima eficacia de estas aplicaciones el herbicida debe moverse a la zona donde están las semillas latentes de malezas (Owen, 1997)

Los herbicidas preemergentes tienen más dificultad de controlar las especies que germinan más profundo porque el herbicida tiene que moverse a una mayor distancia, y como resultado la concentración del herbicida que finalmente llega a la semilla que está germinando es muy reducida. Hay varios sistemas de labranza que también afectan la profundidad, y en consecuencia la efectividad de los herbicidas preemergentes.

2.3.3 Aplicaciones divididas

Según Wilcut *et al.* (1995), el uso de herbicidas en preemergencia puede tener excelente control de malezas, pero éste se ve afectado por factores ambientales, especies de malezas y características del herbicida; por ejemplo, en algodón el uso de pendimetalina solo en

preemergencia provee buen control, pero debe existir suficiente agua para que el herbicida se active, caso contrario se volatiliza con facilidad; razón por la cual se puede dividir la dosis de aplicación con el fin de mantener las moléculas del herbicida en el suelo por mayor tiempo. Otro factor considerable para dividir la dosis es la especie a controlar, según Chemical Pharmaceutical (1994), en algodón puede existir mayor control de malezas de hojas ancha anuales al partir la dosis recomendada de Norflurazon en dos fracciones iguales, una en presembrado y otra en preemergencia.

2.4 PERSISTENCIA DE LOS HERBICIDAS EN EL SUELO

El tiempo que un herbicida permanece activo o persiste en el suelo es de suma importancia debido a que por medio de él se puede determinar cuanto tiempo las malezas pueden ser controladas (Klingman y Ashton, 1991). En el suelo ocurren muchas reacciones en las que participan diferentes factores, los cuales, afectan la vida útil del herbicida y por lo tanto, este conjunto de factores deben tomarse en cuenta para lograr un control de malezas exitoso (Pitty, 1997).

2.4.1 Degradación biológica de la molécula del herbicida

La acción de los microorganismos del suelo determina la persistencia de los herbicidas en el suelo, ya que son los responsables de la degradación de diversas estructuras de las moléculas de los herbicidas. Los herbicidas como carbamatos, fenilureas y triazinas pueden ser degradados al romperse los anillos de carbono, y los fragmentos de éstos son utilizados como alimento por los microorganismos (Mercado, 1979). Todos los factores que aumentan la actividad microbiana también incrementan la degradación microbial de los herbicidas; posiblemente la temperatura del suelo donde están los microorganismos es el factor más importante (Pitty, 1997).

2.4.2 Volatilización de herbicidas.

Según Taylor y Glotfelty (1988), la volatilización es considerada una de las principales vías de disipación de la molécula de herbicida del sitio en que ha sido aplicado. Bajo condiciones desfavorables, las pérdidas resultantes de la volatilización del herbicida pueden ser de 80 a 90% en pocos días, aunque tales porcentajes también dependen de las condiciones climáticas y microclimas en el cultivo (Havens *et al.*, 1995). La textura y contenido de materia orgánica del suelo afectan la volatilización. En suelos arenosos y con poca materia orgánica hay más volatilización que en suelos arcillosos o con alto contenido de materia orgánica. Esto se debe a que la arcilla y la materia adsorben el herbicida y no se puede volatilizar (Pitty, 1997).

2.4.3 Resistencia de las malezas

En toda población de malezas existen diferencias genéticas entre los individuos, lo que les permite responder diferente a las presiones impuestas por el ambiente. Los biotipos con el rasgo de resistencia están presentes en la población, mucho antes que se aplique el herbicida por primera vez (Hartzler y Pitty, 1997). El aparecimiento de ciertas especies de malezas después de la continua aplicación de herbicidas, puede ser debida a dos posibles razones: presión de selección por usar herbicidas de igual ingrediente activo, o la especie de maleza ha adquirido resistencia gradualmente a través de la continua absorción del herbicida a niveles de subdosis (Mercado, 1979).

El desarrollo de resistencia está influenciado por las características del herbicida, ya que existen productos que solamente actúan en un sólo sitio de la planta; el surgimiento de biotipos que han modificado el punto de acople del herbicida, es posible por la modificación de uno o muy pocos genes. Las sulfonilureas e imidazolinonas son propensas a desarrollar este tipo de resistencia debido a las características antes mencionadas (Mercado, 1979). Según Hartzler y Pitty (1997), la efectividad y residualidad del herbicida afectan la selección de malezas; herbicidas que permanecen activos en el suelo por un largo períodos, dan una mayor presión de selección, que los herbicidas que tienen poca residualidad.

2.4.4 Atrazina y alachlor

Según Donald y Eastin (1995), atrazina y alachlor forman parte de los principales herbicidas registrados para utilizarlos en el control de malezas para maíz; lo más adecuado es la aplicación de éstos como mezcla. Estos herbicidas son considerados como preemergentes, sin embargo, actualmente se están evaluando en postemergencia debido a los cambios en la flora de las malezas de acuerdo a las épocas de siembra y la baja efectividad de las aplicaciones preemergentes, ya que éstas eliminan las malezas en sus primeras etapas, pero no las afectan en el resto del período de competencia.

Atrazina es un herbicida selectivo para cultivos de hoja angosta; absorbido principalmente por las raíces y menos por las hojas; se acumula en los meristemos y en la hojas, impidiendo la fotosíntesis; su efecto se observa entre los 10 y 15 días después de aplicado; y puede persistir entre tres y seis meses, dependiendo de las dosis, características del suelo y factores ambientales (Gómez, 1993).

Alachlor es un herbicida selectivo para cultivos de hoja ancha y angosta, es absorbido en el proceso de germinación y menos por las raíces; se acumula en tallos y hojas, obstaculiza la síntesis de proteínas; su persistencia es de seis a diez semanas luego de aplicado, pero ésta se reduce en suelos arenosos y pobres en materia orgánica (Gómez, 1993).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó entre febrero y junio de 2002 en La Chorrera, campo perteneciente a la Zamoempresa de Cultivos Extensivos, ubicada en el valle del Yeguaré, Honduras. El valle está localizado a 14° de latitud norte, a 800 msnm, con una precipitación promedio anual de 1100 mm y temperaturas que oscilan entre 18 y 29°C.

3.1 DISEÑO EXPERIMENTAL

Para este ensayo se utilizó un diseño experimental arreglado en bloques completamente al azar y tres repeticiones por tratamiento. Las unidades experimentales fueron parcelas de cuatro surcos a 0.80 m cada uno y 10 m de largo. Para la tabulación de los datos y las pruebas estadísticas se empleó el programa Statistical Analysis System (SAS®). Los porcentajes de control de los muestreos de malezas se transformaron con la función arcoseno, se hizo un análisis de varianza de la efectividad del control de malezas y del rendimiento, se determinó sus significancias a $\alpha \leq 0.05$, y se utilizó una prueba de separación de medias SNK (Student-Newman-Keuls).

3.2 TRATAMIENTOS

En este ensayo se evaluó el control químico de malezas utilizando la mezcla de atrazina + alachlor a 1.5 kg de i.a./ha para cada herbicida. Los cuatro tratamientos se basaron en dividir esta mezcla en dos aplicaciones, además se contó con un tratamiento de deshierba manual a lo largo del ciclo del cultivo y un testigo sin control de malezas (Cuadro 1).

La primera aplicación de los herbicidas se hizo preemergente al cultivo y las malezas, la segunda aplicación a los 30 días después de la primera. Antes de la segunda aplicación se

fertilizó el maíz y se controlaron las malezas con cultivadora mecánica, removiendo el suelo para eliminar las malezas emergidas.

3.3 VARIABLES MEDIDAS

3.3.1 Control de malezas

Para evaluar el control de malezas se muestreó la población de malezas dos veces identificando las principales especies y se cuantificó proporción en que se encontraban.

9

Cuadro 1. Descripción y características para cada tratamiento de atrazina + alachlor en aplicaciones divididas, El Zamorano, Honduras, 2002.

División de la dosis (%)		Observaciones
Primera	Segunda	
100	0	Sólo aplicación preemergente
60	40	Primera fracción en aplicación preemergente, restante en aplicación postemergente, después de 30 días.
50	50	
40	60	
Control manual		Siempre libre de malezas
Testigo absoluto		Sin control de malezas

Dosis = 1.5 kg de i.a./ha de atrazina y alachlor

El primer muestreo fue después de 30 días de la primera aplicación, y el segundo 30 días después de la segunda aplicación; para los muestreos se empleó un marco de madera de 0.5×0.5 m. Con respecto a la cuantificación de malezas se empleó el sistema de densidad poblacional por especies de malezas en áreas distribuidas uniformemente al azar en cada unidad experimental, para luego pasarlas a porcentajes de control, éstos se compararon contra el testigo que no tuvo control (Frans y Talbert, 1977).

3.3.2 Rendimiento

Para estimar el rendimiento del cultivo se cosecharon los dos surcos centrales de cada unidad experimental, se determinaron los pesos de mazorcas, el rendimiento en grano a 14% de humedad, y después se transformaron todos los datos a t/ha con el fin de facilitar el análisis estadístico y económico.

3.4 EQUIPO Y MÉTODO DE APLICACIÓN

Se aplicó con la bomba de mochila presurizada con CO₂, para las primeras aplicaciones se trabajó con un aguilón de 1.8 m de cobertura que tiene cuatro boquillas TJ8003 y en la

segunda se utilizó una lanza de aspersión con cobertura de 1 m empleando la boquilla TJ15005. El equipo fue calibrado para aplicar la mezcla en 200 L de agua por hectárea, con una velocidad de 0.73 m/s, y presión de aplicación de 40 PSI. La primera aplicación se realizó el 9 de febrero y la segunda el 11 de marzo de 2002; ambas entre las 7:00 a.m. y las 9:30 a.m.

3.5 MANEJO DEL CULTIVO

Se preparó el terreno con un pase de arado, rastra liviana y pulidora, para luego fertilizar el suelo con 2 qq/ha de fósforo. Se sembró el maíz variedad Guayape, destinado para semilla comercial certificada. Se sembró a mano a 0.20 m entre planta y 0.80 m en entre surco

10

colocando dos semillas por postura. Se raleó la plantación dos veces, a los 20 y 40 días después de siembra, para establecer una densidad poblacional de 62,500 plantas/ha.

A los 30 días después de siembra se fertilizó con urea (46% N), empleando una dosis de 4 qq/ha. Seguido a lo anterior se cultivó, empleando cultivadoras manuales con cinco escardillos para obtener adecuada incorporación del fertilizante, remoción del suelo y control de malezas. A lo largo del ciclo del cultivo se realizaron las prácticas necesarias para el control fitosanitario; la única plaga con niveles críticos considerables fue *Spodoptera frugiperda*, realizándose control químico sobre ésta. Se aplicó 7

[illegible][illegible]

[illegible]

[illegible]

4.1 EVALUACIÓN DEL CONTROL DE MALEZAS

4.1.1 Aplicación preemergente al cultivo y malezas

El mayor control de malezas se observó al usar 100-0% de la dosis de atrazina + alachlor en la primera aplicación (Cuadro 2). Esto se debió a que existió mayor cantidad de los herbicidas en el suelo con respecto a las demás fracciones.

Para las aplicaciones de dosis dividida, las gramíneas se controlaron más al utilizar 60% de la dosis de atrazina + alachlor en la primera aplicación, con respecto a las otras fracciones ($\alpha \leq 0.05$) (Cuadro 2). Esta diferencia se debió a que la cantidad de herbicidas en el suelo fue mayor que las fracciones 50 y 40% de la dosis, entre éstas se observó diferencia significativa en el control de gramíneas y hoja ancha.

Para las ciperáceas, en la primera aplicación existió diferencia significativa ($\alpha \leq 0.05$) en su control al emplear la fracción 100-0% de atrazina + alachlor con respecto a las otras fracciones. La fracción 60-40% tuvo el mayor control; entre las fracciones 50-50% y 40-60% no se observaron diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) (Cuadro 2). Lo anterior se atribuye a que las ciperáceas presentan tolerancia a los herbicidas empleados, por lo tanto las densidades poblacionales fueron altas.

4.1.2 Aplicación postemergente al cultivo y preemergente a las malezas

El mayor control para todas las especies de malezas se observó con la fracción de 60% en la primera aplicación y 40% en la segunda, significativamente ($\alpha \leq 0.05$), excepto que para las hojas anchas el control fue igual estadísticamente al usar la fracción 60-40% ó 50-50% (Cuadro 2). Las diferencias en el control de malezas con 60-40% se debieron a que las moléculas de los herbicidas estuvieron en el suelo por un período mayor al dividir la dosis en dos aplicaciones, logrando controlar la presión de malezas luego del pase de la cultivadora mecánica.

En el tratamiento de 100-0% se observó menor control de malezas, ya que la degradación de las moléculas de los herbicidas por microorganismos afectó la persistencia de éstos en el suelo y la presión de malezas fue alta, ya que sólo se hizo una aplicación de herbicidas, luego se removió el suelo permitiendo que semillas latentes queden en la superficie y germinen, reduciendo así el control de las malezas.

12

La fracción 50-50% tuvo mayor control en gramíneas y ciperáceas con respecto a la fracción 100-0%. Entre la fracción 40-60% y 100-0% no hubo diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) en el control de las hoja ancha (Cuadro 2).

Con la fracción 40-60%, todas las especies de malezas se controlaron menos ($\alpha \leq 0.05$) comparado a la fracción 60-40% y 50-50% (Cuadro 2). Se atribuyen estas diferencias a que la fracción 40-60% tuvo un menor control de malezas que todas las fracciones en la primera aplicación, así el control mecánico con cultivadora no pudo eliminar todas las malezas ya emergidas, por lo tanto las cantidades de ingredientes activos de esta fracción

no fueron las suficientes para afectar los procesos metabólicos de las malezas después de la segunda aplicación.

Cuadro 2. Porcentaje de control de malezas con atrazina + alachlor (1.5 + 1.5 kg de i.a./ha) en muestreos realizados 30 días después de cada aplicación de fracción de dosis, El Zamorano, Honduras 2002.

División de la dosis (%)		Tipo de maleza					
		Hoja ancha		Gramíneas		Ciperáceas	
Primera	Segunda	Primer	Segundo	Primer	Segundo	Primer	Segundo
100	0	89 a ^F	55 c	91 b	45 d	84 a	49 c
60	40	77 b	89 b	77 c	84 b	60 b	70 b
50	50	68 b	86 b	64 d	59 c	42 c	59 c
40	60	45 c	46 c	47 e	36 d	32 c	39 cd
Control manual		100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
Testigo absoluto		0 d	0 d	0 f	0 e	0 d	0 d
CV		19	14	9	9	11	6

^F= Letras iguales en la misma columna no son estadísticamente significativas a $\alpha \leq 0.05$, con prueba SNK.

CV= Coeficiente de variación

Primera = Aplicación preemergente al cultivo y a las malezas

Segunda = 30 días después, postemergente al cultivo y preemergente a las malezas

4.2 EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO

No se presentaron diferencias en el número de mazorcas con ninguno de los tratamientos. El testigo absoluto tuvo una reducción 53% en número de mazorcas con respecto a la fracción 60-40% (Cuadro 3). Existieron diferencias significativas entre los rendimientos con herbicidas de acuerdo a cada tratamiento, el mayor rendimiento fue obtenido por la aplicación dividida de atrazina + alachlor en la fracción 60-40%; donde el testigo absoluto presentó una reducción en rendimiento de 85% con respecto a éste. Las diferencias observadas se debieron a la competencia de las malezas provocada por sus densidades de acuerdo a cada tratamiento. En el control manual y la aplicación dividida de la fracción 60-40% el rendimiento fue el mismo estadísticamente, pero con respecto a las demás fracciones, 60-40% tuvo mayor rendimiento significativamente (Cuadro 3).

13

Cuadro 3. Número de mazorcas y rendimientos por hectárea para aplicaciones divididas de atrazina + alachlor, El Zamorano, Honduras, 2002.

División de la dosis (%)		Mazorcas/ha	Rendimiento (t/ha)	Rendimiento ajustado (t/ha)
Primera	Segunda			
100	0	45,479 ab ^F	2.1 c	1.89
60	40	51,823 a	4.0 a	3.6

50	50	43,531 b	3.0 b	2.7
40	60	45,479 ab	1.6 c	1.44
Control manual		54,167 a	4.5 a	4.05
Testigo absoluto		24,467 c	0.6 d	0.54
CV		26	12	

T= Letras iguales en la misma columna no son estadísticamente significativas a $\alpha \leq 0.05$, con prueba SNK.

CV= Coeficiente de variación

Rendimiento ajustado = Reducción del 10%

4.3 EVALUACIÓN ECONÓMICA

En los costos diferenciales de los tratamientos, los más altos fueron los del control manual (3,888 lempiras/hectárea), casi siete veces más que el costo al emplear control de malezas con aplicaciones divididas de herbicidas (Cuadro 4).

El tratamiento que obtuvo mayor ingreso neto fue el control manual, el cual tuvo una rentabilidad de 218% (Cuadro 5); pero este tipo de control no es aplicable a sistemas de producción extensivos porque no existe la cantidad suficiente mano de obra para las áreas establecidas. El control de malezas en forma manual no es efectivo en la época de invierno, debido a que las estructuras de las malezas se propagan después de remover el suelo como consecuencia de la humedad del mismo, y las precipitaciones persistentes.

En el tratamiento de 100-0% los costos totales fueron menores respecto a los costos en las aplicaciones divididas, sin embargo, su menor rentabilidad respecto a la fracción 60-40% y 50-50% se debió a los bajos ingresos en ventas por menor volumen producido. El tratamiento con herbicidas que obtuvo menor ingreso fue la fracción 40-60%, que generó una rentabilidad de 44% (Cuadro 5).

La fracción 60- 40%, superó en 18% a la rentabilidad del control manual y tuvo casi 7% menos de ingresos que éste, lo anterior se debió a los altos costos incurridos para mano de obra en el control manual. La fracción 50-50% de dosis de herbicidas mostró un ingreso neto positivo, pero fue casi 35% menos que el ingreso generado por la fracción 60-40% (Cuadro 5).

Cuadro 4. Costos variables por hectárea (en lempiras), según el tratamiento para control de malezas en maíz, El Zamorano, Honduras, 2002.

Concepto	Unidad	Costo unitario	Cantidad	Total
----------	--------	----------------	----------	-------

Aplicación preemergente

Equipo	hora	360	0.4	144
Mano de obra	hora	8.1	0.4	3.24
Lasso	L	90.34	3.1	280.05
Gesaprim	kg	18.9	1.6	30.24
Total				457.53

Aplicaciones divididas

Equipo	hora	360	0.8	288
Mano de obra	hora	8.1	0.8	6.48
Lasso	L	90.34	3.1	280.05
Gesaprim	kg	18.9	1.6	30.24
Total				604.77

Control manual

Mano de obra	hora	8.1	480	3,888
Total				3,888

1\$= 16.5 Lps.

Cuadro 5. Estado de resultados para la producción de maíz, de acuerdo al uso de atrazina + alachlor para el control de malezas, El Zamorano, Honduras, 2002.

División de la dosis (%)		Producción semilla (t/ha)	Producción grano (t/ha)	Precio de venta semilla (Lps/t)	Precio de venta grano (Lps/t)	Ingreso bruto (Lps)	Costos que no varían (Lps)	Costos variables (Lps)	Costo total (Lps)	Ingreso neto (Lps)	Rentabilidad (%)
Primera	Segunda										
100	0	1.42	0.47	15,400	2,585	23,083	11,632	457.53	12,090	10,993	91
60	40	2.7	0.9	15,400	2,585	43,907	11,632	604.77	12,237	31,670	259
50	50	2.03	0.68	15,400	2,585	33,020	11,632	604.77	12,237	20,783	170
40	60	1.08	0.36	15,400	2,585	17,563	11,632	604.77	12,237	5,326	44
Control manual		3.04	1.01	15,400	2,585	49,427	11,632	3,888	15,520	33,907	218
Testigo absoluto		0.41	0.14	15,400	2,585	6,676	11,632	-	11,632	-4,956	-43

5. CONCLUSIONES

- Al realizar sólo una aplicación preemergente de los herbicidas en maíz, existe un control de malezas eficiente en las primeras etapas, pero éste decrece a lo largo del ciclo del cultivo.
- Las aplicaciones divididas permiten obtener mejor control sobre las especies de malezas, el mayor control se obtuvo al fraccionar la dosis de atrazina + alachlor en 60% en una aplicación preemergente y 40% en postemergente al cultivo después de 30 días. Como consecuencia éste es el tratamiento que tuvo mayores rendimientos respecto a los otros tratamientos.
- Los tratamientos con herbicidas no reducen el número de mazorcas por hectárea, pero sí los pesos de las mazorcas, consecuentemente se reduce en el rendimiento, de acuerdo a cada tratamiento.
- El costo que implica realizar una aplicación más de herbicidas se compensa al percibir mayores ingresos por alto volumen de producción, comparados a los de una aplicación de atrazina + alachlor.
- El tratamiento más rentable económicamente fue atrazina + alachlor fraccionando su dosis en dos aplicaciones, 60% en preemergencia y 40% en postemergencia al cultivo.

6. RECOMENDACIONES

- Establecer aplicaciones divididas de atrazina y alachlor en época de mayor incidencia de precipitaciones para determinar el comportamiento de los tratamientos al tener otra presión de especies de malezas.
- Evaluar diferentes dosis de la fracción de 60% de la dosis de atrazina + alachlor en una aplicación preemergente y 40% en una postemergente al cultivo, que resultó el mejor tratamiento técnica y económicamente.
- Se debería probar mayor diversidad de aplicaciones en fracciones de dosis de herbicidas para el control de malezas, puesto que existen grandes beneficios económicos al realizar esta práctica, además los herbicidas pueden causar menores daños al suelo, ambiente y al cultivo en sí, ya que hay presencia de cantidades reducidas de producto por aplicación realizada.
- Evaluar aplicaciones divididas en otros herbicidas que controlen hoja ancha y gramíneas en maíz.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Aldrich, S.; Leng, E. 1986. Producción moderna del maíz. Ed. Hemisferio Sur. México. 376 p.
- CIMMYT. 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos; un manual metodológico de evaluación económica. México, D.F. 79 p.
- Doll, J. 1979. Manejo y control de malezas en el trópico. Ed. CIAT. Colombia. 114 p.
- Donald, W.; Eastin, E. 1995. Weed management systems for grain crops. *In* Smith, A. ed. Handbook of weed management systems. New York, United States of America. p. 401-476.
- Gómez, J. 1993. Control Químico de la Maleza. Ed. Trillas SA de CV. México DF. 246 p.
- FAO; Centro internacional de protección vegetal; Agencia de Desarrollo Internacional. 1987. Manejo de malezas. Manual del instructor. Ed. FAO. Roma. 160 p.
- Frans, R.; Talbert, R. 1977. Design of field experiments and the measurements and analysis of plant responses. *In* Truelove B. ed. Research methods in weed science. Alabama. p. 19-20.
- Hartzler, B. 2001. Critical periods of competition in corn. Tomado de internet. <http://www.ipm.iastate.edu/ipm/icm/2001/5-28-2001/critcorn.html> (22 de septiembre de 2002).
- Hartzler, R.; Pitty, A. 1997. La resistencia a herbicidas. *In* Pitty, A. ed. Introducción a la biología, ecología y manejo de malezas. Zamorano Academic Press. Zamorano, Honduras. p. 271-284.
- Havens, P.; Sims, G.; Erhardt-Zabik, S. 1995. Fate of herbicides in the environment. *In* Smith, A. ed. Handbook of weed management systems. New York, United States of America. p. 343-400.
- Kells, J.J. 1999. Weed competition in corn. 1999 Illinois Crop Protection Conference Proceedings. Tomado de internet. <http://www.ipm.iastate.edu/ipm/icm/2001/5-28-2001/critcorn.html> (22 de septiembre de 2002).

- Klingman, G.; Asthon, F. 1991. Estudio de las plantas nocivas. Ed. LIMUSA. México. 449 p.
- Mazorca, A. 1976. Manual de malezas: Empleo de productos químicos en el control de malezas. Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. p. 26-35.
- Mercado, B. 1979. Introduction to weed science. Southeast Asian Regional Center for Graduate Study and Research in Agriculture. SEARCA, College, Laguna, Philippines. 292p.
- Mero, H. 1997. Estrategias y tácticas para el manejo de malezas. *In* Pitty, A. ed. Introducción a la biología, ecología y manejo de malezas. Zamorano Academic Press. Zamorano, Honduras. p. 96-116.
- Owen, M. 1997. Herbicidas: aplicaciones, formulaciones y deriva. *In* Pitty, A. ed. Introducción a la biología, ecología y manejo de malezas. Zamorano Academic Press. Zamorano, Honduras. p. 134-156.
- Pitty, A. 1997. Introducción a la biología, ecología y manejo de malezas. Zamorano Academic Press. Zamorano, Honduras. 300 p.
- Pitty, A.; Godoy, G.C. 1997. Importancia y características de las malezas. *In* Pitty, A. ed. Introducción a la biología, ecología y manejo de malezas. Zamorano Academic Press. Zamorano, Honduras. p. 3-25.
- Wilcut, J.; York, A.; Jordan, D. 1995. Weed management systems for oil seed crops. *In* Smith, A. ed. Handbook of weed management systems. New York, United States of America. p. 343-400.

8. ANEXOS

Anexo 1. Costos por hectárea en lempiras sin variación dentro del estudio para la producción de maíz, El Zamorano, Honduras, 2002.

Concepto	Unidad	Costo/Unidad	Cantidad	Costo total
Maquinaria				
Arado	hora	555	1.2	666.00
Rastra	hora	520	0.9	468.00
Pulidora	hora	390	0.9	351.00
Sembradora	hora	385	0.9	346.50
Cultivadora	hora	300	1.0	300.00
Riego	hora	250	12.5	3,875.00
Boom	hora	315	2.4	756.00
Subtotal				7,140.50
Insumos				
Semilla	lb	6.6	38.6	254.76
Gaucho	lb	1,821.80	0.2	364.36
Pyrinex	L	168.52	1.2	202.22
Volatón	lb	14	36.7	513.80
Urea	lb	1.33	400	532.00
18-46-0	lb	1.77	200	354.00
Subtotal				2,221.14
Mano de obra				
Siembra	hora	8.01	0.9	7.29
Aplicación de Pyrinex	hora	8.01	2.4	19.44
Aplicación de Volatón	hora	8.01	18	145.8
Cultivar	hora	8.01	1	8.1
Cosecha	sacos	9.50	220	2090
Subtotal				2,270.63
TOTAL				11,632.28

Anexo 2. Plantas/0.2 5m² de malezas emergidas 30 días después de la primera aplicación de atrazina + alachlor en maíz, El Zamorano, Honduras, 2002.

División de la dosis (%)	Especie									
	<i>Amaranthus hybridus</i>	<i>Cenchrus echinatus</i>	<i>Crotalaria pallida</i>	<i>Cyperus rotundus</i>	<i>Desmodium tortuosum</i>	<i>Digitaria sanguinalis</i>	<i>Nicandra physalodes</i>	<i>Sorghum halepense</i>	<i>Sclerocarpus phyllocephalus</i>	<i>Tithonia tubaeformis</i>
100	0.00	1.67	0	3.33	0.00	2.67	0.00	0.33	0.00	0.33
60	0.00	3.33	0.67	8.00	1.00	7.00	0.67	1.67	1.00	1.33
50	0.33	6.00	1.67	12.33	1.67	11.00	1.67	2.67	1.33	2.67
40	0.67	7.33	2.00	14.33	2.33	16.00	1.00	2.00	1.33	4.00
Testigo	1.33	11.33	4.00	21.33	3.00	30.00	3.67	5.33	3.00	7.33

Anexo 3. Plantas/0.25 m² de malezas emergidas 30 días después de la segunda aplicación de atrazina + alachlor en maíz, El Zamorano, Honduras, 2002.

División de la dosis (%)	Especie									
	<i>Amaranthus hybridus</i>	<i>Cenchrus echinatus</i>	<i>Crotalaria pallida</i>	<i>Cyperus rotundus</i>	<i>Desmodium tortuosum</i>	<i>Digitaria sanguinalis</i>	<i>Nicandra physalodes</i>	<i>Sclerocarpus phyllocephalus</i>	<i>Sorghum halepense</i>	<i>Tithonia tubaeformis</i>
0	2.33	26.7	1.33	25.00	2.67	13.00	1.67	3.67	4.00	6.00
40	0.33	0.67	0	14.67	0.33	2.33	1.00	0.67	1.00	1.67
50	1.33	1.67	1.33	20.00	1.33	8.67	1.00	2.00	2.67	4.00
60	2.33	3.33	1.67	30.00	3.00	19.33	2.67	5.00	4.33	9.33
Testigo	3.67	5.33	5.00	49.00	5.33	39.00	3.33	7.33	6.67	18.00