

ZAMORANO
CARRERA DE CIENCIA Y PRODUCCION AGROPECUARIA

**Evaluación técnica y económica del control de
malezas con atrazina en maíz dulce y su
residualidad en el suelo**

Diego Aguirre Rosales

Honduras: Agosto, 2000

ZAMORANO
CARRERA DE CIENCIA Y PRODUCCION AGROPECUARIA

Evaluación técnica y económica del control de malezas con atrazina en maíz dulce y su residualidad en el suelo

Tesis presentada como requisito parcial
para optar al título de Ingeniero Agrónomo
en el grado académico de Licenciatura

Por:

Diego Aguirre Rosales

Honduras: Agosto, 2000

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

Diego Aguirre Rosales

Zamorano, Honduras
Agosto, 2000

Evaluación técnica y económica del control de malezas con atrazina en maíz dulce y su
residualidad en el suelo

Presentado por

Diego Aguirre Rosales

Aprobada

Rony Muñoz, M.Sc.
Asesor Principal

Jorge Iván Restrepo, MBA.
Coordinador de la Carrera de
Ciencia y Producción

Abelino Pitty, Ph.D.
Asesor

Antonio Flores, Ph.D.
Decano

Odilo Duarte, Ph.D.
Coordinador PIA

Keith L. Andrews, Ph.D.
Director General

DEDICATORIA

A mis padres Diego Aguirre y Denise Rosales, por darme siempre todo su amor y su apoyo.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme las fuerzas para seguir adelante y permitir que alcance todas mi metas.

A mi mamá por su confianza y todo su amor.

A mi papá por estar siempre conmigo y darme la ayuda para que acabe mis estudios.

A Adriana Aguirre por haber estado siempre que la he necesitado,

A mis hermanos Sergio, Francesca, Pablo y Carolina por su cariño.

A Rony Muñoz por su paciencia y su ayuda en la elaboración de este proyecto.

Al Doctor Abelino Pitty por su colaboración en la elaboración de este documento.

Al ing. Miselem por su amistad.

A Ana Rocío por ser lo que es.

Por su amistad agradezco a Víctor Eloy Cárdenas, Carlos Arauz, Herman Castro, Miguel Pérez, Adriana Lucas, Andrea Campaña, Elena González y en especial a Eduardo Estrada y Gonzalo García.

A todo el personal de Horticultura en especial a: Marvin, Oscar, Raul y Anita.

A todos mis amigos y sobretodo a la mara beta.

AGRADECIMIENTO A PATROCINADORES

Agradezco a Diego Aguirre McDermott, mi padre, por haberme pagado todos mi estudios y por preocuparse de que nunca me falte nada.

RESUMEN

Aguirre Rosales, Diego 2000. Evaluación técnica y económica del control de malezas con atrazina en maíz dulce y su residualidad en el suelo. Proyecto del Programa de Ingeniero Agrónomo, El Zamorano, Honduras. 30 p.

La atrazina es uno de los herbicidas más usados, en maíz para grano y maíz dulce, para controlar hoja ancha y ciertas gramíneas. El uso de este herbicida se ve limitado por su alta residualidad en el suelo. En este estudio se quiere determinar si dosis bajas dan un buen control de malezas, sin perjudicar al cultivo que sigue al maíz en una rotación. Se realizó un ensayos en la época seca y otro en la época lluviosa. Se trabajó con dosis de: 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 kg ia/ha y un testigos comercial (control manual) y uno absoluto (sin control). Para determinar la residualidad en el suelo se sembraron plantas susceptibles al herbicida a las seis semanas después de la aplicación, donde se midió la altura, el peso seco y fresco de las plantas. Todas las dosis tuvieron un buen control de hoja ancha en la época seca y en la lluviosa. El control de gramíneas fue disminuyendo según disminuía la dosis, pero fue bueno en todos los tratamientos. El maíz no presentó síntomas de fitotoxicidad al herbicida. Todas las dosis en la época seca tuvieron problemas de residualidad, el herbicida ocasionó la muerte de las plantas indicadoras en las dosis de 2.0 y 2.5 kg ia/ha y los daños fueron mínimos en la dosis de 0.5 kg ia/ha. En la época lluviosa no se detectaron síntomas de residualidad. El tratamiento más rentable económicamente fue el de 1.0 kg ia/ha seguido del control manual, pero tales diferencias no fueron estadísticamente significativas.

Palabras claves: Gesaprim, fitotoxicidad, plantas indicadoras.

Dr. Abelino Pitty

NOTA DE PRENSA

¿ES FACTIBLE UTILIZAR DOSIS BAJAS DE ATRAZINA PARA CONTROLAR MALEZAS EN MAÍZ DULCE?

La fitotoxicidad y la alta persistencia de la atrazina en el suelo han dificultado su uso en sistemas de rotación de cultivos, sobre todo en zonas tropicales donde se acorta el ciclo del cultivo (55 a 65 días en el caso del maíz dulce), resultando en menos días para que se pierda el efecto del herbicida. La atrazina puede encontrarse en concentraciones tóxicas en el suelo entre 6 a 12 meses.

Con el fin de disminuir la residualidad del herbicida se ha empezado a trabajar con dosis bajas, lo que lleva a un menor control de malezas. Por lo que debemos determinar si estas brindan un control aceptable de malezas sin causar daños a los cultivos que pudieran proceder al maíz dulce en una rotación.

En Zamorano se trabajó en dos ensayos, con cinco dosis diferentes de atrazina 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 y 2.5 kilogramos de ingrediente activo por hectárea (kg ia/ha), uno realizado en la época seca y otro en la época lluviosa, para evaluar el control de malezas y la residualidad del herbicida.

El experimento se estableció el 24 de agosto de 1999 para la época lluviosa y el 14 de enero del 2000 para la época seca, las aplicaciones se hicieron pre-emergentes cinco días después de la siembra. Se tuvieron además un testigo comercial, donde se realizó control manual y se lo mantuvo limpio de malezas durante todo el ciclo y un testigo absoluto donde no se realizó ningún tipo de control.

Con el fin de medir la residualidad del herbicida se realizaron siembras de pepino cuatro y seis semanas después de la aplicación, en el cual se midió la altura de planta, peso fresco y seco y se las compara con el testigo comercial.

En la época lluviosa ningún tratamiento mostró síntomas de residualidad debido sobretodo a altas precipitaciones que lavaron el herbicida del suelo. En la época seca a diferencia de la época lluviosa todas las dosis mostraron síntomas de fitotoxicidad en el pepino pero en diferente forma. Dosis de 0.5 kg ia/ha tuvieron seis semanas después de la aplicación el menor daño en las plantas de pepino, aunque las diferencias con el testigo comercial fueron mínimas.

La atrazina no mostró fitotoxicidad hacia el maíz dulce en ninguna de las dosis, no se encontraron diferencias estadísticas ni la altura de las plantas, en el número de frutos ni en el alto y ancho de la mazorca.

El control de malezas fue bueno en todas las dosis para hoja anchas y medio para gramíneas en las dosis de 0.5 y 1.0 kg ia/ha. El tratamiento que obtuvo el mejor rendimiento fue de 1.0 kg ia/ha seguido del testigo comercial.

CONTENIDO

Portadilla.....	i	
Autoria.....	ii	
Páginas de firmas.....	iii	
Dedicatoria.....	iv	
Agradecimientos.....	v	
Agradecimientos a patrocinadoes.....	vi	
Resumen.....	vii	
Nota de prensa.....	viii	
Contenido.....	x	
Indice de cuadros.....	xii	
Indice de figuras.....	xiv	
Indice de anexos.....	xv	
1	INTRODUCCION.....	1
1.1	OBJETIVOS.....	2
2	REVISION DE LITERATURA.....	3
2.1	CARACTERISTICAS DEL MAIZ DULCE.....	3
2.2	DAÑOS PROVOCADOS POR LAS MALEZAS.....	3
2.3	ATRAZINA Y EL SUELO.....	4
2.3.1	Modo de acción y síntomas de fitotoxicidad.....	6
3	MATERIALES Y METODOS.....	8
3.1	UBICACION DEL ENSAYO.....	8
3.2	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	8
3.2.1	Análisis estadístico.....	8
3.2.2	Epoca lluviosa.....	8
3.2.3	Epoca seca.....	9
3.3	MANEJO DEL CULTIVO.....	9
3.3.1	Epoca lluviosa.....	9
3.3.2	Epoca seca.....	10
3.4	DESCRIPCION DE TRATAMIENTOS.....	11
3.5	EQUIPO Y METODO DE APLICACION.....	12
3.6	OBTENCION DE DATOS.....	12
3.6.1	Control de malezas.....	12
3.6.2	Fitotoxicidad del maíz.....	12
3.6.3	Rendimiento.....	13

3.6.4	Residualidad de la atrazina.....	13
3.7	ANALISIS ECONOMICO.....	14
4	RESULTADOS Y DISCUSION.....	15
4.1	EVALUACION DEL CONTROL DE MALEZAS.....	15
4.1.1	Epoca lluviosa.....	15
4.1.2	Epoca seca.....	16
4.2	EVALUACION DE LA FITOTOXICIDAD Y DEL RENDIMIENTO DEL MAIZ.....	17
4.3	EVALUACION DE LA RESIDUALIDAD.....	19
4.3.1	Epoca lluviosa.....	19
4.3.2	Epoca seca.....	21
4.4	EVALUACION ECONOMICA.....	21
5	CONCLUSIONES.....	24
6	RECOMENDACIONES.....	25
7	BIBLIOGRAFIA.....	26
8	ANEXOS.....	29

INDICE DE CUADROS

Cuadro

1.	Plaguicidas usados en el control fitosanitario en la producción de maíz dulce para la época lluviosa, El Zamorano, Honduras, 1999.....	10
2.	Plaguicidas usados en el control fitosanitario en la producción de maíz dulce para la época seca, El Zamorano, Honduras, 2000.....	11
3.	Descripción y características de los tratamientos, El Zamorano, Honduras, 2000.....	11
4.	Tipo y número de malezas identificadas en 1m ² el testigo absoluto para la época lluviosa, El Zamorano, Honduras, 2000.....	15
5.	Porcentaje de control de malezas en la época lluviosa con cinco dosis de atrazina, deshierba manual y sin control en maíz dulce, dos y cuatro semanas después de la aplicación, El Zamorano, Honduras, 2000.....	16
6.	Especies y número de malezas identificadas en 1m ² el testigo absoluto para la época seca, El Zamorano, Honduras, 2000.....	16
7.	Porcentaje de control de malezas en la época seca con cinco dosis de atrazina, deshierba manual y sin control en maíz dulce, dos semanas después de la aplicación, El Zamorano, Honduras, 2000.....	17
8.	Porcentaje de control de malezas en la época seca con cinco dosis de atrazina, deshierba manual y sin control en maíz dulce, cuatro semanas después de la aplicación, El Zamorano, Honduras, 2000.....	17
9.	Número altura de plantas, longitud y diámetro de frutos para cinco dosis de atrazina en maíz dulce, El Zamorano, Honduras, 2000.....	18
10.	Rendimientos por hectárea de maíz dulce, El Zamorano, Honduras. 2000	19
11.	Altura y daño visual de las plantas indicadoras cuatro semanas después de la aplicación para la época lluviosa, El Zamorano, Honduras, 2000.....	20

12.	Efecto de cinco dosis de atrazina, en la época seca, sobre el pepino seis semanas después de la aplicación, El Zamorano, Honduras.....	21
13.	Presupuesto parcial por hectárea para maíz dulce, El Zamorano, Honduras, 2000.....	22

14.	Ajuste de la producción de maíz en un 20% según la metodología del CIMMYT.....	23
15.	Estado de resultados para la producción de maíz dulce por hectárea, El Zamorano, Honduras, 2000.....	23

INDICE DE FIGURAS

Figura

- | | | |
|----|--|----|
| 1. | Precipitación durante el ciclo de producción para 1999 durante la época lluviosa | 20 |
|----|--|----|

INDICE DE ANEXOS**Anexo**

- | | | |
|----|--|----|
| 1. | Costos fijos por hectárea para la producción de maíz dulce, El Zamorano, Honduras, 2000..... | 30 |
|----|--|----|

1. INTRODUCCION

El maíz dulce es un cultivo de importancia económica; al igual que el tomate, la lechuga y el pepino se produce en el Zamorano durante todo el año. El rendimiento del cultivo se ve afectado por muchos factores, entre los cuales destaca la realización oportuna de prácticas culturales, siendo el control de malezas una de las más limitantes.

La optimización de los rendimientos en el cultivo hace necesario un buen programa de control de malezas, sobre todo en las primeras etapas del cultivo donde es más susceptible a los efectos adversos de las malezas. Las malezas pueden causar grandes daños, sólo en los Estados Unidos se perdieron más de 22 millones de dólares entre 1975 y 1979 (Stall, 1993).

En el trópico, el control de malezas se ha caracterizado por realizarse manualmente y con labores de cultivo oportunas. El control químico es menos popular, sobre todo si lo comparamos con zonas templadas, principalmente debido a problemas de residualidad de los herbicidas y por la reducción del ciclo del cultivo en este clima (Montes, 1990).

Con el uso de deshierba manual se obtiene un excelente control, pero el uso de esta practica se ve limitado por disponibilidad y el costo de la mano de obra. En el invierno el control manual se ve afectado, debido a las altas precipitaciones, por una baja efectividad, pues la mayoría de las veces se termina retransplantado las malezas en vez de eliminándolas.

El control químico se ve limitado a su vez por problemas de residualidad, fitotoxicidad y de manejo. Problemas de manejo se presentan principalmente en cultivos hortícolas, donde se trabaja con rotaciones, por el corto ciclo de los cultivos, entre 55 y 65 días en el caso de maíz dulce, lo que no permite que haya suficiente tiempo para que el herbicida pueda degradarse y problemas de fitotoxicidad al cultivo que siga en la rotación.

La atrazina es un herbicida que pertenece a la familia de las triazinas, caracterizado por controlar hojas anchas y ciertas gramíneas anuales. La atrazina provee un excelente control de en maíz (*Zea mays* L.) y sorgo (*Sorgum bicolor* L.) lo que ha popularizado mucho su uso en la producción de estos cultivos (Fleming *et al.*, 1992).

En maíz dulce la atrazina es de igual importancia, en 1996 sólo en los Estados Unidos 56% del área usada para la producción fue tratada con atrazina (USDA, 1996).

El uso de atrazina se ve limitado por su alta residualidad, ésta puede durar en suficiente concentración para afectar cultivos susceptibles al herbicida por un año a más después de la aplicación.

Por ser la atrazina una herramienta útil para el control de malezas, sobre todo de hoja ancha, es importante que se evalúe la posibilidad de utilizarlo, en la producción de maíz dulce, en un sistema de rotación de cultivos, para lo cual hay que tomar en cuenta los problemas que ha ocasionado su uso, al ser un herbicida de uso restringido debido a su alta residualidad en el suelo.

1.1 OBJETIVOS

Generales.

- Evaluar la residualidad y el control de cinco dosis de atrazina en maíz dulce, mediante el uso de plantas indicadoras.

Específicos.

- Identificar el tratamiento que proporcione el mayor control de malezas.
- Determinar los efectos y la fitotoxicidad de la atrazina sobre el maíz dulce.
- Determinar la residualidad del herbicida en el suelo mediante el uso de plantas indicadoras.
- Determinar los costos y la rentabilidad de cada tratamiento.
- Identificar el tratamiento más viable económica y agronómicamente.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 CARACTERISTICAS DEL MAIZ DULCE

Se cree que el maíz dulce, *Zea mays* L. var. *scacharata* es una planta originaria de la región andina, perteneciente a la familia de las gramíneas. Este tipo de maíz se caracteriza por su alto contenido de azúcar, característica que se debe a un solo gen. El cultivo del maíz dulce no tuvo mucha importancia hasta la llegada de los españoles, los cuales se interesaron en el peculiar sabor de este cultivo (Montes, 1990).

El maíz es una planta monoíca, con flores unisexuales, alógama, herbácea y anual, su sistema radical se encuentra principalmente en los primeros 30 cm del suelo, su tallo es una caña formada de nudos y entrenudos su altura varía según el cultivar y las condiciones climáticas, puede medir entre 1 a 2 m de altura. Las hojas nacen de los nudos en la parte inferior inmediata de las yemas florales femeninas, son alternas a lo largo del tallo, lanceoladas y pubescentes (Reyes, 1990).

El maíz dulce se adapta a una gran variedad de climas, puede ser cultivado desde los 0 a los 4000 msnm, prefiere suelos francos y bien drenados con pH entre 5.6 y 6.8. Necesita una buena cantidad de agua durante todo el ciclo pero bien distribuida, pues no es muy tolerante al anegamiento (Montes, 1990).

En el Zamorano el maíz dulce es producido durante todo el año, siendo uno de los cultivos más rentables, es comercializado a través del puesto de venta, venido en bandejas de cuatro elotes cada una. La variedad más usada por la Zamoempresa de cultivos intensivos (ZECI) es la variedad Challenger.

La variedad Challenger, es un cultivar de precocidad media, llega a medir 1.47 m de altura, de buena uniformidad y follaje medio. La mazorca es grande mide 16.2 cm de largo y 3.6 cm de diámetro y de forma cilíndrica (Montes y Nieto, 1994).

2.2 DAÑOS PROVOCADOS POR LAS MALEZAS

Las pérdidas agrícolas causadas por las malezas son más grandes de lo que uno pensaría, esto se debe mayormente a la alta dispersión y lo común de las malezas, estas se encuentran en los 485 millones de acres de tierras para cultivo y en los millones de acres para pastura. Las malezas provocan alrededor del 42% del daño ocasionado a un cultivo (Klingman y Ashton, 1991).

Al hablar de competencia hay tres aspectos muy importantes que considerar, la densidad, el peso de las malezas y la época en la cual están presentes en el campo (Roberts, 1982). Como densidad de malezas nos referimos al número de plantas por unidad de área. Esto dado por hecho que mayor sea el número de malezas las pérdidas serán mayores, pero lo que resulta sorprendente es como un pequeño número de malezas puede aumentar las pérdidas, en arroz para mencionar un ejemplo se observó que densidades de 10, 50 y 250 plantas/m² redujeron el rendimiento del cultivo en 57, 80 y 90% respectivamente (Smith, 1968).

El peso al igual que el número de las malezas reduce el rendimiento del cultivo con un ligero aumento, en un experimento en Iowa 1 kg/ha redujo la cosecha de soya entre 0.16 hasta 0.65 kg/ha, dependiendo de la época y de las malezas (Aldrich, 1984).

El cultivo es más susceptible al daño de las malezas en las primeras etapas de desarrollo, se dice que el período crítico de competencia sucede aproximadamente en el primer tercio o a la mitad del ciclo de vida del cultivo. En esta época es muy importante mantener el terreno limpio de malezas pues los daños provocados en esta etapa son irreversibles (Doll, 1996).

Por el sistema de siembra del maíz dulce y por el poco follaje de la planta en los primeros días del cultivo, la mayor parte del terreno queda descubierta permitiendo el paso de luz, lo que favorece el desarrollo de las malezas.

Las malezas están en competencia directa con los cultivos principalmente por agua, luz y nutrientes. La competencia por luz se da en casi en todos los sistemas de producción y en algunos casos es la única forma de competencia que se presenta, ésta se presenta cuando las hojas de una planta empiezan a dar sombra sobre otra planta. El ser la luz fuente de energía para las plantas, tanto para la fijación de CO₂ y para la fotosíntesis hace que sea de gran importancia impedir que ocurra este evento (Pitty, 1997).

Según Fischer (1986) la competencia por agua empieza cuando las raíces de una planta invaden el volumen de suelo ocupado por otra. La competencia por agua no tiene mucha importancia si esta se encuentra en cantidades suficientes para satisfacer las necesidades de la maleza y del cultivo (Doll, 1996).

El consumo de nutrientes en el suelo por las malezas es muy alto, limitando así la absorción por parte del cultivo, este problema se vuelve crítico en suelos pobres. Las malezas, además, limitan la eficacia de las aplicaciones de fertilizantes (Doll, 1996).

2.3 ATRAZINA Y EL SUELO

La atrazina es un herbicida perteneciente a la familia de las triazinas. Químicamente las triazinas son derivados heterocíclicos del nitrógeno, como heterocíclico se entiende un anillo estructural compuesto por diferentes clases de átomos de nitrógeno y carbono. La

mayoría de triazinas son simétricas, lo que quiere decir que en su anillo poseen átomos alternantes de carbón y nitrógeno (Klingman y Ashton, 1991).

La atrazina es uno de los herbicidas aplicados al suelo más usados, este provee un excelente control de malezas en maíz (*Zea mays* L.) y sorgo (*Sorghum bicolor* L.). En los años 60 era usado en el 9% del maíz en Illinois, para 1990 la atrazina solo o en combinaciones era utilizado en aproximadamente en el 78 % del área sembrada con maíz y en el 90% de las aplicaciones para controlar hoja ancha (Obermeier y Kapusta, 1996).

Comercialmente se conoce la atrazina con varios nombres, AAtrex y Gesaprim para mencionar un par de ellos. Su fórmula química es 2-cloro-4-(etalamino)-6-(iso propilamino)-s-triazina, es un sólido cristalino de color blanco con una solubilidad en agua de 33 ppm, se puede encontrar en la fórmula de polvo humectante, suspensión líquida y en forma granular (Klingman y Ashton, 1991).

La atrazina se caracteriza por tener de media a alta afinidad para ser adsorbida por los coloides del suelo. En suelos de alto contenido de materia orgánica, se recomienda usarlo sólo en post-emergencia. Su uso se extiende a maíz (más de 7 millones de ha anualmente), sorgo, caña de azúcar y piña. Normalmente se aplica en pre siembra incorporado (PSI), en pre y post-emergencia temprana, controla muchas especies de gramíneas anuales y hoja ancha, a dosis altas se usa para el control total de malezas en áreas no cultivables (Caseley, 1996).

La persistencia puede tener sus ventajas, un herbicida al ser persistente puede tener un buen control durante todo el ciclo del cultivo, ventaja que al hablar de cultivos hortícolas pierde aplicabilidad, debido a la rotación y al ciclo corto de la mayoría de los cultivos hortícolas.

Los principales aspectos negativos de la residualidad de un herbicida, es que ésta puede estimular a la planta a desarrollar resistencia, se pueden ocasionar cambios en las especies dominantes, se afecta al cultivo siguiente, residuos excesivos en los productos agrícolas, problemas legales y contaminación ambiental, para mencionar los más importantes (Locatelli y Shenk, 1989).

La persistencia afecta principalmente en el momento de realizar una rotación de cultivo, la atrazina aplicada al suelo puede durar un año o más, esto ocasiona problemas a muchos productores, no es recomendable sembrar pepino hasta después de un año de haberse realizado aplicaciones con atrazina por problemas de fitotoxicidad.

Uno de los problemas que se presentan al trabajar con atrazina es su persistencia, por este motivo y por su alto uso en los últimos 25 años ha sido encontrado en aguas subterráneas sobre todo en suelos arenosos, bajos en materia orgánica y arcilla, los cuales son susceptibles a lixiviación, especialmente al ser irrigados (Fleming *et al.*, 1992).

La persistencia de la atrazina por lo general aumenta con el pH del suelo, con la profundidad, temperaturas bajas y un bajo contenido de agua. La atrazina se degrada dos

a tres veces más rápido en la superficie que en el subsuelo. La degradación en la superficie del suelo es más rápida porque hay mayor cantidad de materia orgánica, mayor temperatura y mejor aireación. La arcilla más que cualquier otra propiedad del suelo, fue la que más contribuyó a la degradación del herbicida a cualquier profundidad (Jenks *et al.*, 1998).

La detoxificación de un herbicida está afectada principalmente por la descomposición microbiana, descomposición química, la adsorción en suelos coloidales (principalmente arcillas y materia orgánica), lixiviación, volatilidad, fotodescomposición y remoción de las plantas altas durante la recolección (Klingman y Ashton, 1991).

Se entiende como detoxificación el proceso que da como resultado la pérdida de toxicidad de un herbicida, se puede lograr efectivamente transfiriendo el residuo del herbicida a un lugar donde no pueda ser adsorbido por una planta o transformando el químico a su forma no tóxica. Los procesos de transformación incluyen dilución, adsorción, lixiviación, volatilización y extracción por la planta.

La degradación de la atrazina está positivamente correlacionada con las poblaciones de microorganismos capaces de descomponer al herbicida, pero no hay relación con la población total de microorganismos. Mayor cantidad de microorganismos degradadores de atrazina fueron encontrados en suelos donde habían antecedentes de haber utilizado el herbicida. Entre los organismos capaces de destruir a la atrazina tenemos el *Agrobacterium radiobacter* y *Pseudomonas* sp. (Moorman *et al.*, 1999).

La selectividad del maíz hacia el herbicida es bioquímica, esta planta es capaz de degradar el herbicida a una forma inactiva. La degradación puede ser por medio de la hidroxilación del anillo en la posición 2. El maíz puede rápidamente detoxificar a la atrazina por poseer un alto contenido de glutatión, molécula que se adhiere al herbicida, impidiendo de esta manera que provoque daño a la célula (Locatelli y Cárdenas, 1989).

La persistencia del herbicida y sobre todo la contaminación de aguas subterráneas han limitado el uso de la atrazina. Las restricciones sobre las dosis y formas de aplicación han afectado en cierta medida la eficacia del herbicida, lo que ha llevado al desarrollo de nuevas técnicas como el uso de formulaciones especiales, aplicaciones en bandas, entre otras. A pesar de todos los cambios la atrazina sigue siendo una excelente herramienta para el control de hoja ancha en la producción de maíz.

2.3.1 Modo de acción y síntomas de fitotoxicidad.

Las triazinas impiden el desarrollo de las fotosíntesis, pero la muerte de la planta ocurre por la producción de sustancias tóxicas secundarias al interrumpirse el flujo de electrones. La molécula del herbicida se acopla a la proteína QB, esta deja de funcionar, impidiendo el flujo de electrones en el fotosistema II, la clorofila queda excitada y no puede liberarse de esa energía, luego se detiene la reacción de Hill. La clorofila excitada reacciona con oxígeno molecular (O₂), formando oxígeno singulete (¹O₂), este con la

clorofila excitada empiezan a destruir los lípidos de las membranas celulares. Las membranas destruidas dejan escapar el contenido celular a los espacios intercelulares causando la muerte del tejido (Pitty, 1995).

La atrazina como herbicida no inhibe la germinación, esté empieza a tener efecto hasta que la planta emerge y comienza con el proceso de fotosíntesis. Los daños aparecen primero en las hojas viejas. Se desarrolla una clorosis desde la punta de la hoja, la cual luego se va extendiendo hasta el resto de la hoja (Pitty, 1995).

El movimiento de las triazinas es por el xilema, esto se nota en los síntomas de fitotoxicidad en las gramíneas donde el herbicida se acumula progresivamente de la punta de la hoja hacia la base en plantas de hoja ancha los márgenes foliares, hacia el centro y base de las hojas (Locatelli y Cárdenas, 1989).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 UBICACION DEL ENSAYO

El ensayo fue ubicado en Zona III, parte de la Zamoempresa de Cultivos Intensivos (ZECI) de Zamorano, ubicada en el valle del Yeguaré a 30 km de la ciudad de Tegucigalpa a 14° 00' latitud norte y 87° 02' longitud oeste. Su altitud es de 800 msnm y su temperatura promedio es de 24 °C con una precipitación que varía entre los 1100 y 1250 mm anuales.

3.2 DISEÑO EXPERIMENTAL

Para la elaboración de este experimento se realizaron dos ensayos uno durante la época seca y el otro durante la época lluviosa. Las parcelas fueron distribuidas mediante un diseño de bloque completamente al azar.

3.2.1 Análisis estadístico

Los cálculos estadísticos se realizaron con el programa "Statistical Analysis System" (SAS) versión 6.12.

Para el análisis de los datos del muestreo de malezas se realizaron dos, una para cada fecha, tomando en cuenta siempre las especie que se encontraron en el campo.

Para los análisis se transformaron los datos a valores por hectárea, es decir mazorcas, kilogramos y mazorcas comerciales y no comerciales por hectárea.

Para el análisis de separación de medias se utilizó el método de SNK (Student-Newman-Keuls), se trabajó con una significancia del 5 %. Los valores en porcentajes fueron transformados con la función de arccoseno.

3.2.2 Época lluviosa

El experimento se llevó a cabo en el lote C durante la época lluviosa, entre Agosto y Octubre de 1999. Cada unidad experimental estaba constituida de cuatro camas con una hilera por cama a un espaciamiento de 0.75 m entre surco. El área

total de cada unidad experimental fue de 24 m². Se tuvieron siete tratamientos con cuatro repeticiones, para un área total de 672 m². La parcela útil consistió en las dos camas centrales de cada unidad experimental, lo que dejó 12 m² de parcela útil.

3.2.3 Época Seca

Durante la época seca el ensayo se estableció entre Enero y Marzo del 2000. Las unidades experimentales estuvieron constituidas de dos camas con dos hileras por cama a un espaciamiento de 1.80 m entre surco y 0.90 m entre hileras. El área total de cada unidad experimental fue de 21.6 m². Se tuvieron siete tratamientos con cuatro repeticiones para una área total de 604.8 m². La parcela útil consistió en las dos hileras centrales de cada unidad experimental, dejando 10.8 m² por parcela útil.

3.3 MANEJO DEL CULTIVO

3.3.1 Época lluviosa

Se transplantó la variedad Challenger 15 días después de la siembra a 0.25 m entre planta y 0.75 m entre surco (53,333 plantas/ha). Se sembró el 24 de Agosto en el lote C en la parcela número 049 en zona III.

Se regó por aspersión después de la siembra, para establecer el cultivo. Debido a la alta precipitación ocurrida durante todo el ciclo, no fue necesario regar (Figura 1). Por ser suelos ricos en fósforo y potasio no se realizó una fertilización básica, únicamente se fertilizó con nitrógeno. Se aplicaron 50 kg de urea a las cuatro y seis semanas después de la siembra.

Se muestrearon plagas para determinar la necesidad de aplicar plaguicidas. Para determinar la necesidad de controlar cualquier plaga se trabajó con criterios de nivel crítico. En el Cuadro 1 se observan las cantidades y agroquímicos usados.

Cuadro 1. Plaguicidas usados en el control fitosanitario en la producción de maíz dulce para la época lluviosa, El Zamorano, Honduras, 1999.

Plaguicida		Dosis	Cantidad/ha
Común	Comercial		
Chlorpyrifos	Lorsban	1 cc/L	558
Dimethoato	Perfektion	2 cc/L	558
Esfevalerate	Hallmark	1 cc/L	1,073
Methomyl	Lannate	3 g/L	1,860
<i>Bacillus thuringiensis</i>	Dipel	2 g/L	1,302
Profenofos	Curacron	1 cc/L	558
Thiodicarb	Larvin	1 cc/L	682
Oxamyl	Vydate	1 cc/L	279
<i>Bacillus thuringiensis</i>	Xentari	2 g/L	1,402
----	Adherente	1 cc/L	3,212

Se cosechó a los 56 días después del trasplante, como principal criterio de cosecha se tomó el resecamiento de los estigmas de la planta. No fue necesario la realización de una segunda cosecha por el bajo rendimiento del lote.

3.3.2 Época seca

En este ensayo se trabajó con el cultivar de maíz dulce Challegger transplantado a los 15 días después de la siembra, a 0.20 m entre planta y 0.90 m entre surco, (55,556 plantas/ha). Se sembró el 14 de Enero en el lote 29 en la parcela 150 en zona III.

Se regó con un sistema de goteo. Para determinar las frecuencias de riego se basó en criterios visuales, la duración del riego varió según las necesidades del terreno.

Únicamente se fertilizó con nitrógeno, pues los suelos son muy ricos en fósforo y potasio. Para cubrir los requisitos de nitrógeno se utilizó urea, la cual fue aplicada en el riego por goteo. Se realizaron ocho aplicaciones de urea, para un total de 128 kg/ha.

El deshije se hizo cuatro semanas después de la siembra, cuando en la mayoría de las plantas habían botado su hijuelo, con el fin mejorar el desarrollo del cultivo y facilitar las aplicaciones fitosanitarias.

Se muestrearon plagas para determinar la necesidad de realizar controles mediante la utilización de nivel crítico. En el Cuadro 2 se pueden ver las cantidades y agroquímicos usados.

Cuadro 2. Plaguicidas usados en el control fitosanitario en la producción de maíz dulce para la época seca, El Zamorano, Honduras, 2000.

Producto		Dosis	Cantidad/ ha
Común	Comercial		
Chlorpyrifos	Lorsban	1 cc/L	2,000
Phoxim	Volaton	g/planta	6,796
Esfenvalerate	Hallmark	1 cc/L	776
Methonyl	Lannate	3 g/L	2,524
<i>Bacillus thuringiensis</i>	Dipel	2 g/L	1,650
<i>Bacillus thuringiensis</i>	Xentari	2 g/L	1,553
---	Adherente	1 cc/L	2,282

La cosecha se realizó a los 66 días después del transplante, como principal criterio de cosecha se tomó el resecamiento de los estigmas de la planta. Sólo se efectuó una cosecha por encontrarse el lote bien parejo.

3.4 DESCRIPCION DE TRATAMIENTOS

El control de malezas fue la única práctica donde hubo diferencia en el manejo. Se trabajó con cinco dosis de atrazina (Gesaprim® 90 WG) y se tuvieron dos testigos: el comercial, en el que se realizó deshiera manual y el absoluto donde no se realizó ningún tipo de control. La aplicación se la realizó post-emergente al cultivo (cinco días después del transplante) y pre-emergente a la maleza (Cuadro 3).

Cuadro 3. Descripción y características de cada tratamiento, El Zamorano, Honduras, 2000.

Dosis kg ia/ha	Observaciones
0.5	Se realizó una sola aplicación tres días después del transplante para la época lluviosa y cinco días después del transplante para la época seca. No se realizó otro tipo de control.
1.0	
1.5	
2.0	
2.5	
Testigo comercial	Se mantuvo libre de malezas por medio del control manual
Testigo absoluto	No se realizó control

El testigo comercial permitió evaluar la fitotoxicidad de la atrazina en el maíz dulce, comparando este con las unidades experimentales que fueron tratadas con el herbicida. El testigo absoluto sirvió para determinar el número y tipo de malezas que se encontraban en el campo.

3.5 EQUIPO Y METODO DE APLICACION

Las aplicaciones se realizaron con un equipo de presión constante que trabaja accionado por CO₂. El equipo fue calibrado para realizar aplicaciones con 190 L de agua por hectárea. El equipo consta de un tanque de CO₂ que le proporciona presión al tanque de la mezcla, éste llena todo el espacio vacío con el gas permitiendo así trabajar con presión y flujo constante. La presión es regulada por dos manómetros, uno en el tanque de CO₂ que indica la presión en el tanque y otro el otro ubicado en el aguilón, el cual nos indica la presión de salida del producto. La presión de aplicación fue de 30 PSI. El aguilón cuenta con cuatro boquillas de abanico plano 8003 SV. La velocidad de aplicación fue de 1.17 m/s.

Para la época lluviosa se aplicó el herbicida el 27 de Agosto de 1999 y el 21 de Enero del 2000 para la época seca, entre las 7:00 a.m. y las 9:30 a.m..

3.6 OBTENCION DE DATOS

3.6.1 Control de malezas

Para evaluar el control de malezas se realizaron dos evaluaciones: a las dos semanas y a las cuatro semanas después de la aplicación. Para tener como referencia la cantidad de malezas presentes en el campo se realizó un conteo e identificación de las malezas en el testigo absoluto, para lo cual se tomaron dos muestras en la parcela útil, cada muestra tenía un área de 0.5 m².

Luego de muestrear el testigo absoluto se prosiguió a hacer el conteo, al igual que en el testigo, en todas las parcelas tratadas con el herbicida, de esta manera se pudo identificar la cantidad y tipo de malezas presentes.

Para determinar el control de cada herbicida se comparó el testigo absoluto, al cual se consideraba como 0% de control, con el conteo de malezas de los otros tratamientos, para determinar el porcentaje de control en los demás tratamientos.

3.6.2 Fitotoxicidad del maíz

Se midió la fitotoxicidad tomando como parámetro la altura de las plantas. Se tomó como muestra 20 plantas por unidad experimental, la altura se midió cuando la mayoría de plantas entraron en la etapa de floración, desde el suelo hasta donde aparecía la última hoja.

Se realizó también una evaluación visual comparando las parcelas tratadas con el herbicida con el testigo comercial. Esta operación se efectuó observando las plantas en el

testigo comercial, tomando como pauta el color y manchas de las hojas, y se comparó con las parcelas tratadas con atrazina para determinar diferencias.

3.6.3 Rendimiento

El rendimiento se tomó mediante el peso total de las mazorcas y el peso de las mazorcas comerciales con tusa, a la misma vez se contó el número de mazorcas comerciales y no comerciales.

Como no comercial se tomo toda mazorca deforme, pequeña (<10 cm), con daños causados por insectos y con problemas de polinización. Se seleccionaron 20 mazorcas comerciales por tratamiento donde se midió el largo y el diámetro de cada una, se utilizó un pie de rey para el diámetro y una regla para el largo.

Los datos fueron transformados a peso y número de mazorcas por hectárea tanto para realizar los cálculos de costos y los cálculos estadísticos.

3.6.4 Residualidad de la atrazina

La evaluación de la residualidad de la atrazina se la realizó mediante un bioensayo, donde se utilizó pepino como planta indicadora. El pepino es una planta susceptible a este herbicida por lo que se adapta a este tipo de ensayos. La variedad que se utilizó fue Poisentt 76, fueron transplantadas a los 12 días después de la siembra.

Se hizo una observación visual del daño, se midió la altura, el peso fresco y seco de las plantas. Las plantas fueron cortadas a ras de suelo y secadas en un horno a 105°C .

Se sembraron 10 plantas de pepino en la parcela útil de cada unidad experimental. El trasplante se realizó seis semanas después de la aplicación. Las plantas fueron cortadas 21 días después del trasplante.

En la época lluviosa se realizó una siembra de tomate pepino y lechuga 4 semanas después de la aplicación, en donde se midió el daño visual y altura de plantas. Se sembraron 10 plantas de cada cultivo las cuales se dejaron en el campo por cinco semanas, dos más de lo normal, para esperar que las plantas muestren síntomas de fitotoxicidad.

3.7 ANALISIS ECONOMICO

La evaluación económica se realizó mediante la metodología del CIMMYT utilizando un presupuesto total de costos y beneficios.

Para el cálculo de costos se tomaron en cuenta todos los gastos incurridos en el cultivo. Como costos fijos se tomaron todos aquellos que fueron iguales en todos los tratamientos y como costos variables los diferentes costos de aplicación, y en el caso del control manual los costos de mano de obra por concepto de deshierba. En el testigo absoluto no se tuvieron costos variables.

Para la evaluación económica se tomaron los rendimientos de mazorcas comerciales por hectárea, el maíz dulce es vendido en bandejas, cada bandeja tiene cuatro mazorcas, que tiene que en buenas condiciones tanto en tamaño, forma y calidad, motivo por el cual no se puede trabajar al medir rendimientos con mazorcas totales.

Los costos de los insumos fueron obtenidos basándose en precios del mercado en Tegucigalpa. Para determinar el precio de venta se utilizó el precio promedio para la época seca de 1999.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 EVALUACION DEL CONTROL DE MALEZAS

4.1.1 Epoca lluviosa

Se presentaron pequeñas poblaciones de *Portulaca oleracea* y *Amarantus* sp.. La población de hoja ancha en promedio fue de 30 plantas por metro cuadrado. *Eleusine indica* y *Digitaria* spp. fueron las gramíneas con mayores poblaciones, en promedio 109 plantas/m². El coyolillo (*Cyperus rotundus*), fue la maleza más abundante en el lote, su población promedio fue de 122 plantas/m² (Cuadro 4).

Cuadro 4. Tipo y número de malezas identificadas en 1m² en el testigo absoluto para la época lluviosa, El Zamorano, Honduras, 2000.

Bloque	Malezas		
	Gramíneas	Ciperáceas	Hoja ancha
1	113	117	20
2	92	100	18
3	110	120	30
4	120	150	50
Promedio	109	122	30

El herbicida no mostró control sobre ciperáceas, todas las dosis fueron diferentes al testigo comercial (P=0.001). El control de gramíneas dos semanas después de la aplicación (SDA) fue arriba del 90 % y 25 % menor 4 SDA en todas las dosis (Cuadro 5).

El control de malezas 4 SDA se vio afectado por una fuerte precipitación (Figura 1), el agua favorece el desarrollo de bacterias, algunas con la capacidad de descomponer la molécula del herbicida, al mismo tiempo las altas precipitaciones pudieron ocasionar lixiviación del herbicida (Cuadro 5).

Cuadro 5. Porcentaje de control de malezas en la época lluviosa con cinco dosis de atrazina, deshierba manual y sin control en maíz dulce, dos y cuatro semanas después de la aplicación, El Zamorano, Honduras, 2000.

Dosis kg ia/ha	Gramíneas		Ciperáceas		Hoja ancha	
	2 SDA ¹	4SDA	2SDA	4SDA	2SDA	4SDA
0.5	94 cb	64 b	0 c	1 b	98 a	99 a
1.0	95 cb	72 b	9 cb	6 b	98 a	98 a
1.5	96 cb	76 b	7 cb	4 b	97 a	99 a
2.0	99 ab	69 b	17 b	10 b	98 a	100 a
2.5	99 ab	63 b	16 b	10 b	100 a	100 a
Control manual	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
Sin control	0 d	0 c	0 c	0 b	0 b	0 b

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

¹SDA: Semanas después de la aplicación.

4.1.2 Época seca.

Las malezas que tuvieron poblaciones más altas de hoja ancha en el testigo absoluto fueron *Melampodium divaricatum* (221 plantas/m²) y *Nicandra physalodes* (43 plantas/m²), en menor cantidad se presentaron *Portulaca oleracea* y *Commelina diffusa* con 17 y 6 plantas/m², respectivamente. *Eleusine indica* con 82 plantas/m² y *Digitaria spp.* con 18 plantas/m² fueron las gramíneas más problemáticas (Cuadro 6).

Cuadro 6. Especies y número de malezas identificadas en 1m² el testigo absoluto para la época seca, El Zamorano, Honduras, 2000.

Bloque	Malezas					
	<i>Nicandra Physalodes</i>	<i>Commelina diffusa</i>	<i>Portulaca oleracea</i>	<i>Melampodium divaricatum</i>	<i>Eleusine indica</i>	<i>Digitaria spp.</i>
1	113	7	24	232 1m	79	21
2	21	3	18	276	56	8
3	23	7	16	113	63	21
4	14	4	9	264	127	21
Promedio	43	6	17	221	43	18

En el muestreo realizado 2 SDA el control de hoja ancha sólo presentó diferencia con *Commelina diffusa* ($P= 0.001$), donde fue de 76% y en *Nicandra physalodes* ($P= 0.001$) donde fue de 98 % con dosis de 0.5 kg ia/ha (Cuadro 7). El control de malezas respondió de manera directa a las dosis, mientras más alta fue la dosis mayor fue el control.

Cuadro 7. Porcentaje de control de malezas en la época seca con cinco dosis de atrazina, deshierba manual y sin control en maíz dulce, dos semanas después de la aplicación, El Zamorano, Honduras, 2000.

Dosis kg ia/ha	Malezas					
	<i>Nicandra Physalodes</i>	<i>Commelina diffusa</i>	<i>Portulaca oleracea</i>	<i>Melampodium divaricatum</i>	<i>Eleusine indica</i>	<i>Digitaria spp.</i>
0.5	98 b	76 b	100 a	99 a	78 a	79 b
1.0	100 a	97 a	100 a	100 a	84 a	94 ab
1.5	100 a	100 a	100 a	100 a	81 a	90 ab
2.0	100 a	100 a	100 a	100 a	96 b	94 ab
2.5	100 a	100 a	100 a	100 a	100 b	100 a
Control manual	100 a	100 a	100 a	100 a	100 b	100 a
Sin control	0 c	0 c	0 b	0 b	0 c	0 c

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales

El control de *Comelina diffusa* 4 SDA fue menor en dosis de 0.5 y 1.0, y 1.5 kg ia/ha ($P=0.001$). El control se pudo ver afectado por la afinidad del herbicida hacia los coloides del suelo. El control se mantuvo en las dosis altas (2.0 y 2.5 kg ia/ha) donde no hubo diferencia en comparación al control manual (Cuadro 8).

El control de *Eleusine indica* fue menor ($P=0.001$) en todas las dosis en relación con el control manual. Atrazina es un herbicida utilizado principalmente para hoja ancha, por lo que es normal que el control sobre gramíneas sea inferior. El control de malezas obtenido en las dosis altas fue bueno en todas las especies (Cuadro 8).

Cuadro 8. Porcentaje de control de malezas en la época con cinco dosis de atrazina, deshierba manual y sin control en maíz dulce, cuatro semanas después de la aplicación, El Zamorano, Honduras, 2000.

Dosis kg ia/ha	Malezas					
	<i>Nicandra Physalodes</i>	<i>Commelina diffusa</i>	<i>Portulaca oleracea</i>	<i>Melampodium divaricatum</i>	<i>Eleusine indica</i>	<i>Digitaria spp.</i>
0.5	100 a	37 c	100 a	99 a	46 d	50 c
1.0	100 a	56 c	100 a	100 a	63 cd	75 b
1.5	100 a	78 b	100 a	100 a	76 bc	97 a
2.0	100 a	100 a	100 a	100 a	91 b	98 a
2.5	100 a	90 a	100 a	100 a	94 b	100 a
Control manual	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
Sin control	0 b	0 d	0 b	0 b	0 e	0 d

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales

4.2 EVALUACION DE LA FITOTOXICIDAD Y DEL RENDIMIENTO DEL MAIZ.

*La altura de las plantas fue igual en todos los tratamientos el único que presentó una altura mayor fue el testigo absoluto (sin control) donde las plantas fueron más altas ($P=0.001$), esta diferencia se pudo haber debido a que las plantas con el fin de alcanzar la luz tuvieron que crecer más, éstas se encontraban casi totalmente tapadas por las malezas, especialmente *Nicandra physalodes* y *Melampodium divaricatum* (Cuadro 9).*

No se encontró diferencia el número de plantas/ha ($P=0.56$). El control manual y las parcelas tratadas con atrazina no presentaron diferencias en ninguna de las variables. El testigo absoluto presentó fuertes disminuciones en todas las variables, esto lo podemos atribuir al efecto de las malezas.

El cultivo nunca mostró síntomas de fitotoxicidad y no se encontraron diferencias visuales de altura de plantas, ni en ninguna de las características medidas en la mazorca, por lo que podemos suponer que la atrazina no presenta ningún tipo de problema de fitotoxicidad hacia el maíz (Cuadro 9).

Cuadro 9. Número, altura de plantas, longitud y diámetro de mazorca para cinco dosis de atrazina en maíz dulce, El Zamorano, Honduras, 2000.

Dosis (kg ia/ha)	Altura planta (cm)	Número de plantas por ha	Longitud de mazorca (cm)	Diámetro de mazorca (cm)
0.5	94 b	53,125 a	17.08 a	4.76 a
1.0	97 b	52,292 a	17.35 a	4.84 a
1.5	94 b	52,292 a	17.33 a	4.89 a
2.0	93 b	52,292 a	17.15 a	4.80 a
2.5	95 b	51,667 a	17.15 a	4.83 a
Control manual	95 b	52,500 a	17.42 a	4.83 a
Sin control	101 a	48,333 a	15.68 b	4.51 c
Promedio	96	51,786	17.03	4.78
DE	9	3,473	1.2	0.22
CV	9.3	6.7	6.9	4.61

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales

DE: Desviación estándar.

CV: Coeficiente de variación.

No se presentaron diferencias en el número de mazorcas por hectárea para las parcelas tratadas con atrazina y el control manual. Se presentó una reducción en el número de mazorcas por hectárea en el tratamiento sin control de más de 31% (Cuadro 10).

No hubo diferencia en el número de mazorcas comerciales y no comerciales. En el testigo absoluto se presentaron disminuciones en la producción del 62 % (Cuadro 10).

El peso comercial fue igual en todos los tratamientos, menos en el testigo absoluto donde las disminuciones fueron de alrededor del 70 % en comparación con los demás (Cuadro 10).

Cuadro 10. Rendimientos por hectárea de maíz dulce, El Zamorano, Honduras. 2000.

Dosis kg ia/ha	Mazorcas			Peso (kg)		
	Cosechadas	Comerciales	No comerciales	Comercial	No Comercial	Total
0.5	50,833 a	44,375 a	6,458 b	14,915 a	1,468 b	16,383 a
1.0	51,875 a	47,083 a	6,042 b	16,146 a	1,089 b	17,235 a
1.5	48,125 a	41,667 a	6,458 b	14,062 a	1,562 b	15,624 a
2.0	50,000 a	43,958 a	4,792 b	14,678 a	1,325 b	16,003 a
2.5	47,704 a	41,250 a	6,458 b	14,157 a	1,372 b	15,529 a
Control manual	52,917 a	46,667 a	6,250 b	15,956 a	1,231 b	17,187 a
Sin control	36,458 b	17,708 b	18,750 a	4,593 b	3,645 a	8,238 b
Promedio	48,273	40,386	7,887	13,501	1,671	15,172
DE	4,593	3,773	2,102	1,496	558	1,737
CV	9.5	9.3	26.7	11.1	33.4	11.5

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

DE: Desviación estándar.

CV: Coeficiente de variación.

4.3 EVALUACION DE LA RESIDUALIDAD

4.3.1 Epoca lluviosa

En la época lluviosa no se pudo observar efectos de residualidad, se realizó una siembra de plantas indicadoras 30 días después de la aplicación y en ninguno de los tratamientos con atrazina se pudo observar diferencias con el testigo comercial. Posiblemente la lluvia lavó el herbicida. En el tiempo que duro el maíz dulce en el campo la precipitación total fue de 441 mm aproximadamente. En la Figura 1 se puede observar la precipitación que hubo durante el ciclo del cultivo.

No se presentó ninguna diferencia entre las plantas indicadoras en ninguno de los tratamientos (Cuadro 11), contrastando con lo esperado para el herbicida el cual puede durar en el suelo durante 6 a 12 meses.

La atrazina al tener una solubilidad media alta puede ser detoxificada por un exceso de agua. Según Shea (1985) un herbicida puede ser removido de la zona radicular, por lixiviación, con grandes cantidades de agua, dependiendo de las características de solubilidad del herbicida. El agua también favorece el desarrollo de bacterias, por lo que se puede asumir que la poca persistencia del herbicida fue influenciada por descomposición bacteriana.

Otro factor que ayudó a remover el herbicida de la zona radicular fue que el ensayo se realizó en suelos arcillosos. La atrazina tiene cierta afinidad hacia los coloides del suelo. Según Jenks et. al. (1998) la arcilla más que cualquier otra propiedad del suelo es la que más contribuye a la degradación del herbicida en cualquier profundidad.

Cuadro 11. Altura y daño visual de las plantas indicadoras cuatro semanas después de la aplicación durante la época lluviosa, El Zamorano, Honduras. 2000.

Dosis (kg ia/ha)	Altura de plantas (cm)		
	Tomate	Lechuga	Pepino
0.5	11.0 a	12.3 a	40.2 a
1.0	10.9 a	12.2 a	44.3 a
1.5	11.6 a	12.1 a	31.2 a
2.0	10.8 a	13.5 a	43.7 a
2.5	12.1 a	13.3 a	36.5 a
Testigo comercial	10.9 a	12.9 a	27.5 a
Promedio	11.2	12.7	39.3
DE	2.2	1.6	28.4
CV	19.4	18.7	72.3

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

DE: Desviación estándar.

CV: Coeficiente de variación.

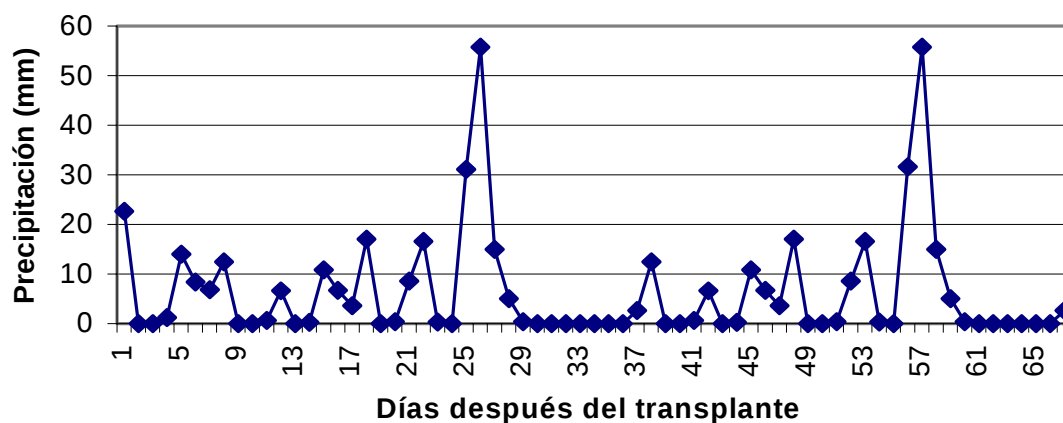


Figura 1. Precipitación durante el ciclo de producción para 1999 durante la época lluviosa.

4.3.2 Época seca.

Seis semanas después de la aplicación las plantas más altas fueron las del control manual y las dosis de 0.5 kg ia/ha ($P= 0.005$). Dosis de 2 y 2.5 kg ia/ha acabaron completamente con el pepino, éstas presentaron altura de planta peso fresco y seco menores (Cuadro 12).

El control manual presentó el peso fresco y seco mayor ($P= 0.002$). Dosis de 0.5 kg ia/ha obtuvo los mejores pesos en comparación con las demás (Cuadro 12).

El efecto del herbicida fue bastante notorio en las dosis más altas, los daños ocasionados se redujeron según disminuía la dosis. Dosis de 0.5 kg ia/ha mostraron cierto grado de clorosis pero un desarrollo casi normal del pepino.

Cuadro 12. Efecto de cinco dosis de atrazina, en la época seca, sobre el pepino seis semanas después de la aplicación, El Zamorano, Honduras, 2000.

Dosis (kg ia/ha)	Altura de plantas (cm)	Peso (g)	
		Fresco	Seco
0.5	35.1 a	16.2 b	1.7 b
1.0	12.4 b	3.1 c	0.6 c
1.5	19.3 b	5.9 c	1.0 c
2.0	0.6 c	0.5 c	0.2 c
2.5	0.6 c	0.5 c	0.2 c
Testigo comercial	43.8 a	24.2 a	2.4 a
Promedio	18.6	8.3	0.96
DE	14.8	4.4	0.6
CV	79.6	53.0	62.5

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

DE: Desviación estándar.

CV: Coeficiente de variación.

4.4 EVALUACION ECONOMICA

El análisis económico se realizó únicamente para la época seca debido a que la producción en la época lluviosa se perdió totalmente a causa del exceso de lluvia y al fuerte ataque de plagas y enfermedades.

Los costos diferenciales más altos son con el control manual donde el costo fue de 1,900 lempiras por hectárea, costo que fue casi cuatro veces mayor que el costo diferencial del más caro de los tratamientos con 2.5 kg ia/ha, (Cuadro 13).

Cuadro 13. Presupuesto parcial por hectárea para maíz dulce, El Zamorano, Honduras. 2000.

Herbicida (kg ia/ha)								
0.5					1.0			
Concepto	unidad	Costo unitario	Cantidad	Total	unidad	Costo unitario	Cantidad	Total
Mano de obra				85.80				85.80
Deshierbe	hr/h	6.60	0	0.00	hr/h	6.60	0.00	0.00
Aplicación	hr/h	6.60	13	85.80	hr/h	6.60	13.00	85.80
Insumos				53.20				105.56
Atrazina	g	0.095	560	53.20	g	0.095	1,111.11	105.56
Total				139.00				191.36
1.5					2.0			
Concepto	unidad	Costo unitario	Cantidad	Total	unidad	Costo unitario	Cantidad	Total
Mano de obra				85.80				85.80
Deshierbe	hr/h	6.60	0.00	0.00	hr/h	6.60	0.00	0.00
Aplicación	hr/h	6.60	13.00	85.80	hr/h	6.60	13.00	85.80
Insumos				158.37				211.11
Atrazina	g	0.095	1,667.00	158.37	g	0.095	2,222.22	211.11
Total				244.17				296.91
2.5					Control manual			
Concepto	unidad	Costo unitario	Cantidad	Total	unidad	Costo unitario	Cantidad	Total
Mano de obra				85.80				1,909.72
Deshierbe	hr/h	6.60	0.00	0.00	hr/h	6.60	289.35	1,909.72
Aplicación	hr/h	6.60	13.00	85.80	hr/h	6.60	0.00	0.00
Insumos				263.91				0.00
Atrazina	g	0.095	2,778.00	263.91				0.00
Total				349.71				1,909.72

Hr/h: Hora hombre

1US \$ = 14.74 Lps

Con el fin de trabajar con rendimientos más reales, aplicables a un agricultor, se realizó un ajuste del rendimiento en un 20%, los rendimientos ajustados según la metodología del CIMMYT se pueden ver en el Cuadro 14.

Cuadro 14. Ajuste de la producción de maíz en un 20% según la metodología del CIMMYT.

Dosis (kg ia/ha)	Rendimiento (kg/ha)	Rendimiento ajustado (kg/ha)
0.5	14,915	11,923
1.0	16,146	12,916
1.5	14,062	11,249
2.0	14,678	11,742
2.5	14,157	11,325
Control manual	15,956	12,768
Sin control	4,593	3,674

El tratamiento que obtuvo el ingreso neto más alto fue el de 1.0 kg ia/ha (168,117.5), seguido por el control manual (164,185.6). A pesar de las diferencias observadas todos los tratamientos estuvieron bastante cerca, sólo el testigo absoluto presentó una fuerte disminución (Cuadro 15).

Cuadro 15. Estado de resultado para la producción de maíz dulce por hectárea en El Zamorano, Honduras. 2000.

Concepto	Dosis (kg/ha)					Control manual	Sin control
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5		
Producción (kg/ha)	11,923.0	12,916.8	11,249.6	11,742.4	11,325.6	12,768.4	3,674.4
Precio de venta (kg)	14.91	14.91	14.91	14.91	14.91	14.91	14.91
Ingreso bruto (Lps)	177,843.5	192,666.0	167,779.0	175,149.6	168,932.6	190,453.4	54,087.3
Costos fijos (Lps)	24,358.1	24,358.1	24,358.1	24,358.1	24,358.1	24,358.1	24,358.1
Costo variable (Lps)	139.0	191.4	244.2	296.9	349.7	1909.7	0.0
Costo total (Lps)	24,497.1	24,549.5	24,602.3	24,655.0	24,707.8	26,267.8	24,358.1
Ingreso neto (Lps)	153,346.4	168,117.5	143,196.7	150,494.6	144,224.8	164,185.6	30,449.3
Rentabilidad de costos	626%	685%	582%	610%	584%	625%	12.5%

1 \$ = 14.74 Lps

5. CONCLUSIONES

- Las dosis con mayor control de malezas en la época seca y en la lluviosa fueron de 2.0 y 2.5 kg ia/ha.
- El herbicida no presenta control sobre *Cyperus rotundus*.
- Dosis de 0.5 y 1.0 kg ia/ha tuvieron problemas para controlar gramíneas 4 SDA.
- La atrazina no ocasionó daños al maíz dulce: no afectó su rendimiento, altura de planta ni el largo y diametro de mazorca.
- En la época lluviosa no se detectó residualidad de la atrazina en el suleo. Las plantas indicadoras no presentaron fitotoxicidad
- Dosis de 2.0 y 2.5 kg ia/ha tuvieron la mayor residualidad en el suelo durante la época seca, causaron la muerte de las plantas de pepino 6 SDA.
- En la época seca dosis de 1.0 y 1.5 kg ia/ha 6 SDA presentaron la menor residualidad en el suelo, no causaron la muerte del pepino, pero redujeron en manera significativa su altura y peso fresco y seco.
- Debido a la residualidad del herbicida utilizar dosis de 0.5 kg ia/ha de atrazina para controlar malezas, preferiblemente en terrenos que presenten mayor presión de hoja ancha, en sistemas de rotación de cultivos.
- Descartar el uso de dosis mayores a 1.5 kg ia/ha en sistemas que utilicen maíz dulce dentro de una rotación.
- Por el alto costo de mano de obra el tratamiento más rentable económicamente fue de 1.0 kg ia/ha.

6. RECOMENDACIONES

- Evaluar otros herbicidas que controlen hoja ancha en maíz dulce.
- Evaluar la atrazina con combinaciones de graminicidas.
- Evaluar la residualidad del herbicida cuando es incorporado al suelo.
- Elaborar un calendario de aplicaciones, para que éstas no coincidan con la época de altas precipitaciones.
- Lotificar los terrenos según el tipo de malezas presentes y elaborar los programas de control según el tipo de malezas que esten en el campo.

7. BIBLIOGRAFIA

- ALDRINCH, R.J.. 1984. Weed Crop Ecology: Principles in weed Management. Breton publishers. Missori, USA. 465 p.
- CASELEY J.C.; 1996. Practicas para el Manejo de Malezas: Herbicidas. In Manejo de Malezas para Países en Desarrollo. FAO. Roma, Italia. 403 p.
- DOLL J.D.; 1996. Ecología y Biología de las Malezas: Dinámica y complejidad de la competencia de malezas. In Manejo de Malezas para Países en Desarrollo. FAO Roma, Italia. 403 p.
- FISCHER A. 1986. Aspectos de Interferencia entre malezas y los cultivos. En Principios basicos sobre las malezas. Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano, Honduras 221p.
- FLEMING, G.F.; W. SIMMONS; L.M. WAX; R.E. WING; M.E. CARR. 1992. Atrazine in Soil Columns as Influenced by Strarch-Encapsulation and Acrylic Polymer Additives. Weed Science. 40:465-470.
- JENKS, B.M.; ROERTH, F.W.; MARTIN, A.L; McCALLISTER, D.L.. 1998 Influence of Surface and Subsurface Soil Properties on Atrazine Sorption and Degradation. Weed Science. 46:132-138.
- KEELLS, J.J.; H. LEEP; B. MILO; R.A. TESAR; A. LEAVITT; J. CUDNOHUFISKY. 1990. Effect and Tillage on Alfalfa (*Medicago sativa*) Establishment in Corn (*Zea mays*)-Alfalfa Rotation. Weed Technology. 4:360-365.
- KLINGMAN, C.G.; ASHTON, F.J. 1991. Estudio de las Plantas Nocivas: Principios y prácticas. Trad. Thomas, R.E.. Editorial limusa. Mexico D.F., Mexico. 449 p.

LOCATELLI E.; SHENK M.. 1989. Residuos de Herbicidas en el Suelo. In Principios básicos sobre las malezas. Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano, Honduras. 221 p.

_____; CARDENAS. 1989. Herbicidas Aplicados al Suelo: Triazinas, Ureas Sustituidas, Uracilos. In Principios basicos sobre las malezas. Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano, Honduras. 221 p.

MONTES, A.. 1990. Cultivo de Hortalizas en el Trópico. Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano, Honduras. 208 p.

_____; NIETO, J. 1994. Investigación en Hortalizas: informe de Avances 1994. Ensayo comparativo de 11 cultivares de maíz dulce. El Zamorano, Honduras. p 23-27.

MOORMAN, T.B.; JAYACHANDRANS, K.; STRUHERS, J. 1999. Tomado del Internet. <http://www.nstl.gov/review/onpage/tm-atr.htm> (Accesado 26 de Julio del 2000)

OBERMEIER, M.R.; KAPUSTA G.. 1996. Postemergence Broadleaf Weed Control in Corn (*Zea mays*) with CGA- 152005. Weed Technology. 10:689-698.

PITTY A. 1995. Modo de acción y Síntomas de Fitotoxicidad de los Herbicidas. Zamorano Academic Press. Zamorano, Honduras. 35 p.

_____. 1997. Introducción a la Biología, Ecología y Manejode Malezas. Zamorano Academic Press. Zamorano, Honduras. 300 p.

REYES CASTAÑEDA, P. 1990. El Maíz y Su Cultivo. AGT Editor, S.A.. México D.F., México. 460 p.

ROBERTS H.A.; 1982. Weed Control Handbook: Principles. Blackwell Scientific Publications. Londres, Inglaterra. 533 p.

SHEA, P.J.. 1985. Detoxification of Herbicide residues in Soil. Weed Science. 33: (Suppl.2):33-41.

SMITH, R.H.; 1968. Weed Competition in Rice. Weed Science. 19(5): 252-254.

STALL, W. 1993. Weed Control in Sweet Corn. Horticultural Sciences Department Florida. Tomado del Internet. <http://edis.ifas.ufl.edu/WG038> (Accesado: 26 de Julio del 2000)

USDA. 1996. Sweet Corn Chemical Usage, crop. Tomado del internet. <http://www.nass.usda.gov/wa/cornchm2.htm> (Accesado 26 de Julio del 2000)

8. ANEXOS

ANEXO 1

Anexo 1. Costos fijos por hectarea para la producción de maíz dulce, El Zamorano, Honduras, 2000.

Concepto	Unidad	Cantidad	Costo/unidad	Costo total
Preparación del terreno				
Arado	hora	2.20	230.00	506.00
Rastrear	hora	1.20	230.00	276.00
Surcado	hora	2.00	230.00	460.00
B. riego	hora	13.60	100.00	460.00
Subtotal				1,702.00
Material vegetativo				
Plantulas	plantula	60,000.00	0.25	15,000.00
Subtotal				15,000.00
Insumos				
Urea	lb	281.60	1.50	422.40
Lorsban	cc	2,000.00	0.20	400.00
Volaton	g	6,796.12	0.02	122.33
Hallmark	cc	776.70	0.70	543.69
Lannate	g	2,524.27	0.76	1,918.45
Dipel	g	1,650.00	0.42	693.00
Xentari	g	1,553.00	0.71	1,102.63
Adherente	cc	2,282.00	0.53	1,209.46
Subtotal				6,411.96
Mano de Obra				
Transplante	hr/h	143.00	6.60	943.80
Aplicaciones	hr/h	17.10	6.60	112.86
Riego	hr/h	4.00	6.60	26.40
Dsehije	hr/h	12.00	6.60	79.20
Cosecha	hr/h	12.41	6.60	81.89
Subtotal				1,244.15
TOTAL				24,358.10

hr/h: hora hombre

1US \$= 14.74 Lps