

ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA
DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA

**EVALUACION DEL CONTROL QUIMICO DE CUATRO MALEZAS EN
SORGO (*Sorghum bicolor* [L.] Moench.), EN EL VALLE DEL ZAMORANO.**

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

Por

Juan Carlos Hidalgo Parada

Honduras, 26 de abril de 1997

El autor concede a la Escuela Agrícola Panamericana permiso para reproducir y distribuir copias de este trabajo para fines educativos. Para otras personas físicas o jurídicas u otros fines ajenos al educativo se reservan los derechos del autor.

Juan Carlos Hidalgo Parada
26 de abril de 1997.

Zamorano, Honduras.

EVALUACION DEL CONTROL QUIMICO DE CUATRO MALEZAS EN SORGO
(*Sorghum bicolor* [L.] Moench.), EN EL VALLE DEL ZAMORANO.

Por

Juan Carlos Hidalgo Parada

Aprobada:

Francisco Gómez, Ph.D.
Asesor principal

Juan J. Alán, Ph.D.
Coordinador PIA

Rogelio Trabanino, M. Sc.
Asesor

Pablo E. Paz, Ph.D.
Jefe de Departamento

Rony Muñoz, M. Sc.
Asesor

Antonio Flores, Ph.D.
Decano académico

Keith L. Andrews, Ph.D.
Director

DEDICATORIA

A la única persona que se la dedico, es a Manolo.

En realidad créame que tenía un montón de planes para todos. Las cosas no resultaron como hubiéramos querido pero, respeto aunque no comparto la decisión que tomó. Solamente usted sabe lo que le estaba pasando por la cabeza, así que cuando nos volvamos a ver, me cuenta. Salúdeme a todos los conocidos y acuérdesse de los que nos quedamos aquí.

AGRADECIMIENTO

Antes de todo, a Dios y a la primera estrella, después a todas las personas que de alguna forma ayudaron directa o indirectamente a que me graduara, y en la fecha que tenía que ser.

No quiero ponerme a mencionar persona por persona, porque creo que todas las personas que me ayudaron, facilitaron algo o simplemente me apoyaron para poder continuar, fueron igual de indispensables y necesarias.

Además, nadie mejor que ellos, saben qué tanto me ayudaron o con qué voluntad me proporcionaron lo que pedía, así que cada quien sabe qué proporción de este agradecimiento le corresponde.

Nada más me queda decir muchas gracias de verdad y estamos a la orden.

RESUMEN

Los objetivos de este estudio fueron determinar un herbicida o combinación de herbicidas que proporcionara el mejor control de *Cyperus rotundus*, *Melampodium divaricatum*, *Portulaca oleracea* y *Tithonia tubaeformis*, evaluar la toxicidad de los herbicidas expresada como reducción en la densidad de plantas ha^{-1} , reducción en crecimiento y desarrollo del cultivo y evaluar la reducción en producción de grano debida al efecto fitotóxico del herbicida. Para esto, se realizaron dos ensayos en la Escuela Agrícola Panamericana, uno ubicado en la Estación Experimental del Departamento de Agronomía, y otro en la zona de Las Vegas de Monterredondo. Se sembró mecánicamente el híbrido DK-68 a una densidad de 250,000 plantas ha^{-1} . Previo a la siembra la semilla fue tratada con protectante oxabetrinil e insecticida thiodicarb. Se utilizó un DCA, y cada parcela experimental constaba de cuatro surcos distanciados 0.8 m. Se tomó como parcela útil, únicamente los dos surcos centrales. Los herbicidas atrazina, alaclor, acetoclor, metolaclor, isoxasole o combinaciones de estos, fueron aplicados premergentes al cultivo. El herbicida halosulfuron metil fue aplicado postemergente después de la segunda hoja verdadera del sorgo. La aplicación se realizó por medio de un equipo de CO_2 . Las variables fueron porcentaje de control de malezas, densidad de plantas ha^{-1} , altura de planta, número de hojas por planta y rendimiento de grano. Los datos fueron analizados por medio del paquete estadístico SAS, realizando un análisis de varianza, una separación de medias y contrastes ortogonales para cada variable. Los tratamientos de acetoclor más halosulfuron, isoxasole más halosulfuron y atrazina más halosulfuron fueron los que proporcionaron los mayores porcentajes promedios de control de malezas. En lo que se refiere a toxicidad, el herbicida isoxasole presentó una alta toxicidad hacia el cultivo de sorgo. Los mejores rendimientos fueron obtenidos por medio de la deshierba manual, aunque este tratamiento no fue separado estadísticamente de los tratamientos de halosulfuron a dosis máxima, atrazina más halosulfuron y atrazina más metolaclor.

CONTENIDO

	Pág.
Portadilla	i
Derechos de autor	ii
Página de firmas	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimiento	v
Resumen	vi
Contenido	vii
Indice de Cuadros	x
Indice de Anexos	xii
 I. INTRODUCCION	 1
 II. REVISION DE LITERATURA	 3
2.1. Historia del cultivo	3
2.2. Situación del sorgo a nivel mundial y en Honduras	3
2.3. Descripción del cultivo del sorgo	4
2.4. Crecimiento y desarrollo de la planta de sorgo	5
2.5. Requerimientos del cultivo	5
2.5.1. Temperatura	5
2.5.2. Agua	6
2.5.3. Nutrientes	6
2.5.4. Suelo	6
2.6. Problemas causados por las malezas	7
2.6.1. Pérdidas en rendimiento	7
2.6.2. Competencia y alelopatía	7
2.6.3. Contaminación del producto de cultivo	8
2.6.4. Hospederas de plagas y enfermedades	9
2.7. Control de malezas	9
2.7.1. Tipos de control	9
2.7.1.1. Control cultural	9
2.7.1.2. Control mecánico	10
2.7.1.3. Control químico	10
2.7.1.4. Desarrollo de nuevos productos herbicidas	11
2.8. Factores que afectan la actividad del herbicida	11
2.8.1. Degradación no biológica de la molécula del herbicida	12
2.8.2. Degradación biológica de la molécula del herbicida	12
2.8.3. Características del suelo	12
2.8.3.1. Adsorción de las moléculas del herbicida a las partículas del suelo	13

2.8.4. Resistencia de las malezas	13
2.9. Factores que afectan la selectividad del herbicida	14
2.9.1. Nutrición y etapa de desarrollo de la planta	14
2.9.2. Mecanismos de selectividad	14
2.9.2.1. Selectividad física y fisiológica	14
2.9.3. Uso de protectantes	15
III. MATERIALES Y METODOS	16
3.1. Ubicación del ensayo	16
3.2. Siembra de los ensayos	16
3.3. Diseño experimental	17
3.4. Selección y aplicación de los tratamientos	17
3.4.1. Selección de los productos y tratamientos	17
3.4.2. Método de aplicación	17
3.5. Prácticas agronómicas	19
3.5.1. Preparación de suelo	20
3.5.2. Fertilización	20
3.5.3. Control de plagas	20
3.5.4. Riego	21
3.6. Medición de las variables	21
3.6.1. Control de malezas	21
3.6.2. Toxicidad de los herbicidas	22
3.6.2.1. Densidad de plantas de sorgo por hectárea	22
3.6.2.2. Altura de planta	23
3.6.2.3. Número de hojas	23
3.7. Rendimiento	23
3.8. Análisis de los datos	24
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	25
4.1. Control de malezas	25
4.1.1. Control de <i>Cyperus rotundus</i>	25
4.1.2. Control de <i>Melampodium divaricatum</i>	27
4.1.3. Control de <i>Portulaca oleracea</i>	28
4.1.4. Control de <i>Tithonia tubaeformis</i>	29
4.1.5. Promedio de control por tratamiento	30
4.2. Fitotoxicidad	33
4.2.1. Efecto de los tratamientos sobre la densidad de plantas por hectárea	33
4.2.2. Número de hojas y altura de planta	34
4.2.3. Rendimiento	36

V.	CONCLUSIONES	38
	5.1. Mejores productos o combinaciones de herbicidas	38
	5.2. Toxicidad de los herbicidas	38
	5.3. Reducción en rendimiento debido al efecto fitotóxico de los herbicidas	38
VI.	RECOMENDACIONES	40
VII.	BIBLIOGRAFIA	41
VIII.	ANEXOS	43

INDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Rendimientos de maíz y soya en campos con malezas y sin malezas.	7
Cuadro 2. Tratamientos, dosis y épocas de aplicación de los herbicidas selectivos en sorgo evaluados en Zamorano, 1996.	19
Cuadro 3. Malezas observadas y evaluadas en Las Vegas y en la Estación Experimental, en Zamorano, 1996.	22
Cuadro 4. Análisis de varianza y contrastes ortogonales realizados para la evaluación de <i>Cyperus rotundus</i> , en Zamorano, 1996.	26
Cuadro 5. Análisis de varianza y contrastes ortogonales realizados para la evaluación de <i>Melampodium divaricatum</i> , en Zamorano, 1996.	27
Cuadro 6. Análisis de varianza y contrastes ortogonales realizados para la evaluación de <i>Portulaca oleracea</i> , en Zamorano, 1996.	29
Cuadro 7. Análisis de varianza y contrastes ortogonales realizados para la evaluación de <i>Tithonia tubaeformis</i> , en Zamorano, 1996.	30
Cuadro 8. Análisis de varianza y contrastes ortogonales realizados para la evaluación de los porcentajes promedios de control de <i>C. rotundus</i> , <i>M. divaricatum</i> y <i>P. oleracea</i> en Las Vegas y <i>C. rotundus</i> , <i>M. divaricatum</i> y <i>T. tubaeformis</i> en la Estación Experimental, en Zamorano, 1996.	31
Cuadro 9. Análisis de varianza y contrastes ortogonales realizados para la evaluación del efecto de los herbicidas sobre la densidad de plantas ha ⁻¹ , en Zamorano, 1996.	33
Cuadro 10. Análisis de varianza realizado para la evaluación del número de hojas, en Zamorano, 1996.	35
Cuadro 11. Análisis de varianza realizado para la evaluación de altura de planta, en Zamorano, 1996.	35
Cuadro 12. Análisis de varianza y contrastes ortogonales realizados para la evaluación del rendimiento, en Zamorano, 1996.	37

INDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Distribución de las parcelas experimentales en el campo, según la ubicación del lote experimental, en Zamorano, 1996.	44
Anexo 2. Fecha y tiempo de los riegos efectuados en cada parcela, en Zamorano, 1996.	45
Anexo 3. Segmentación y dimensiones de cada parcela experimental en el campo según su ubicación, en Zamorano, 1996.	46
Anexo 4. Promedios de control de <i>C. rotundus</i> con combinaciones de seis herbicidas, en Zamorano, 1996.	47
Anexo 5. Promedios de control de <i>M. divaricatum</i> con combinaciones de seis herbicidas, en Zamorano, 1996.	48
Anexo 6. Promedios de control de <i>P. oleracea</i> con combinaciones de seis herbicidas, en Zamorano, 1996.	49
Anexo 7. Promedios de control de <i>T. tubaeformis</i> con combinaciones de seis herbicidas, en Zamorano, 1996.	50
Anexo 8. Gráfico de precipitación en mm de lluvia, desde el 14 de octubre de 1996 hasta el 24 de marzo de 1997, en Zamorano.	51
Anexo 9. Promedios de control de <i>C. rotundus</i> , <i>M. divaricatum</i> y <i>P. oleracea</i> en Las Vegas y <i>C. rotundus</i> , <i>M. divaricatum</i> y <i>T. tubaeformis</i> en la Estación Experimental, en Zamorano, 1996.	52
Anexo 10. Densidades en plantas ha ⁻¹ con combinaciones de seis herbicidas, en Zamorano, 1996.	53
Anexo 11. Rendimiento de combinaciones de seis herbicidas, en Zamorano, 1996.	54

I. INTRODUCCIÓN

La importancia del cultivo del sorgo (*Sorghum bicolor* [L.] Moench.), ha aumentado considerablemente en los últimos años, debido a su utilización en la alimentación de seres humanos y animales. Por su alto grado de resistencia a enfermedades y su poca demanda de agua, en algunas regiones del mundo, el cultivo del sorgo desarrollado durante las últimas décadas, está sustituyendo el cultivo de maíz y otros cereales (Moreira *et al*, 1991).

Las malezas constituyen una de las principales causas en las bajas de los rendimientos de los cultivos. Según datos obtenidos en Colombia, por el ICA (1969) durante doce años de investigación, el promedio de pérdidas debido a las malezas fue de 35 por ciento, variando su rango entre 8 y 74 por ciento, lo que indica la importancia económica de las malezas en los sistemas de producción. Las malezas compiten por humedad, nutrientes, luz y calor (Moreira, *et al*, 1991), y sirven además de hospederas de plagas y enfermedades. Las malezas dificultan las labores de cosecha o contaminan con semillas extrañas el grano que será utilizado para posteriores siembras. Las malezas presentes en el campo pueden producir sustancias alelopáticas, durante su etapa vegetativa o durante su descomposición en el suelo (Pitty y Muñoz, 1990), que pueden interferir con el siguiente cultivo.

Dentro de las prácticas agronómicas comúnmente utilizadas para el control de malezas en sorgo, se podrían mencionar dentro del control químico y cultural, la aplicación de herbicidas preemergentes al momento de la siembra, y la escarda del campo al momento de realizar el aporque y fertilización complementaria del cultivo.

Ciertos herbicidas aplicados como preemergentes o postemergentes, pueden ser una alternativa viable para reducir las poblaciones de malezas; esta reducción en la densidad poblacional de malezas, proporcionará a la planta un ambiente más propicio para expresar al máximo su potencial productivo. En el mercado de agroquímicos, se encuentran disponibles productos liberados al mercado hace mucho tiempo, los cuales presentan cierto grado de efectividad en el control de malezas; productos nuevos han sido liberados al mercado, por lo que se hace necesaria su evaluación bajo condiciones locales, a fin de determinar su potencial en el control de malezas características de determinada zona.

Los objetivos primordiales en este estudio son determinar un producto o combinación de productos que proporcione el mejor control de malezas, evaluar la toxicidad expresada como reducción en la densidad de plantas por unidad de área, en crecimiento y desarrollo del cultivo y la evaluación de la reducción en producción de grano debida al efecto del herbicida.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. HISTORIA DEL CULTIVO

Las hipótesis sobre el origen y procedencia del sorgo cultivado han sido contrastadas por Mann *et al.* No cabe duda que los sorgos cultivados de nuestros días provienen de la especie silvestre *Sorghum bicolor* subsp. *arundinaceum*, ya que actualmente no existe evidencia que los tipos de sorgos cultivados procedieran de los rizomas diploides o tetraploides de la sp. *halepensis* (Doggett, 1988).

Las formas silvestres de *S. bicolor* fueron limitadas a África hasta tiempos recientes, demostrando que la domesticación del cultivo fue hecha en el continente Africano. La gran variabilidad de las especies silvestres y cultivadas ocurrió en el cuadrante noreste de África, principalmente como producto del amplio rango de hábitats ecológicos que ocurren en esa región y la interacción entre el hombre y las plantas (Doggett, 1988).

2.2. SITUACIÓN DEL SORGO A NIVEL MUNDIAL Y EN HONDURAS

El sorgo es el quinto cultivo en importancia entre los principales cereales del mundo; en primer lugar se encuentra el trigo, seguido del arroz, maíz y avena. Los principales lugares de producción de sorgo se encuentran ubicados en las regiones áridas y semiáridas de los trópicos y subtrópicos (Doggett, 1988). Dentro de los países productores más importantes a nivel mundial se encuentran Estados Unidos, India, Argentina, China, México, Nigeria y Sudan. Los países Latinoamericanos donde se han registrado los rendimientos de grano más altos son Uruguay, Venezuela y Nicaragua (Compton, 1990).

En Honduras la producción de sorgo ha aumentado a partir del año agrícola 1985/86, cuando Honduras produjo 134,000 t. Esta producción llegó a casi 100,000 t en el ciclo 1992/93, bajando a 80,000 t en el año agrícola 1993/94, debió a una reducción en rendimientos de 1.42 t ha⁻¹ en 1992/93 a 1.05 t ha⁻¹ en 1993/94. En la región sur de Honduras es donde se cultiva la mayor cantidad de sorgo, aunque los rendimientos que se obtienen no son los mejores. En el año agrícola 1993/94 se cosecharon 41,300 has. con un rendimiento aproximado de 0.96 t ha⁻¹. La región nor-oriental presenta rendimientos superiores a la región sur, ya que los rendimientos del cultivo en el ciclo 1993/94 fueron en promedio 3.07 t ha⁻¹, con un área cosechada de 2,618 ha. El mayor rendimiento ha sido obtenido en la región norte, donde se obtuvo en el año agrícola 1992/93, un promedio de 2.31 t ha⁻¹. Esta región sin embargo, es la que siembra la menor área de sorgo en el país (Nuñez y Castillo, 1995).

2.3. DESCRIPCIÓN DEL CULTIVO DEL SORGO

El sorgo es una gramínea anual, con una raíz fibrosa que se desarrolla desde los nudos inferiores del tallo (Doggett, 1988). La profundidad radicular de la planta de sorgo varía entre 1 a 1.3 m, encontrándose aproximadamente el 80% del volumen total de las raíces, en los primeros 30 cm del suelo (Maiti, 1986).

La planta de sorgo generalmente consta de un solo tallo, aunque puede presentar ahijamiento dependiendo de la variedad que se esté utilizando y del ambiente en el que se encuentre. Los tallos de las plantas pueden variar su longitud entre 0.045 m y 4 m dependiendo del número de hojas que produzca la planta. El grosor del tallo del sorgo, medido en la base del tallo, puede variar entre 0.5 cm y 3 cm, aunque han sido reportados extremos en grosor de hasta 14.5 cm (Doggett, 1988).

La cantidad de nudos en el tallo es igual al número de hojas que posee la planta y su número puede variar entre 7 a 24. A lo largo del tallo se forma una yema en cada nudo excepto en el nudo terminal. Las yemas están ubicadas en forma alterna y solamente las inferiores pueden producir hijos (Doggett, 1988).

Las hojas del sorgo pueden clasificarse como lanceoladas o lineo-lanceoladas, variando su número entre 7 a 24 dependiendo de la altura de la planta; la longitud y ancho varía entre 0.30 y 1.35 m y entre 0.015 y 0.15 m respectivamente. La superficie de las hojas es lisa y cerosa; poseen líneas de células motoras en la epidermis superior, cuya función es facilitar el enrollamiento hacia adentro de las hojas durante períodos de sequía (Compton, 1990).

Las hojas están unidas al tallo por medio de la vaina, la cual se encuentra circundando el tallo; el tamaño de la vaina varía, en las hojas medias, entre 0.15 y 0.35 m dependiendo de la variedad (House, 1985). La última hoja producida es llamada hoja bandera y su vaina protege la inflorescencia que está emergiendo.

La inflorescencia de la planta de sorgo es una panícula de racimos con un ráquiz central. La panícula inmadura es forzada hacia arriba dentro de la vaina más alta, después de la expansión de la hoja bandera.

La panícula puede ser corta o larga, suelta y abierta, compacta o semi-compacta. Su longitud puede variar entre 0.04 y 0.25 m de largo y entre 0.02 a 0.20 m de ancho, conteniendo entre 400 a 8000 granos (Compton, 1990).

2.4. CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LA PLANTA DE SORGO

El desarrollo de la planta de sorgo, varía de acuerdo a las condiciones a las que sea sometida según la etapa de crecimiento en que encuentre. Posee una temperatura óptima de emergencia entre 20 y 30 °C; si la temperatura durante esta etapa disminuye y se mantiene por cierto tiempo, la emergencia del cultivo puede tardar 10 días o más (Compton, 1990). Aproximadamente 30 días después de la imbibición, cuando la planta tiene entre 0.35 a 0.40 m de altura, se da la iniciación floral (House, 1985). Entre los 35 a 40 días después de la germinación, 80% del área foliar total se ha desarrollado y la intercepción de luz por la planta se acerca al máximo.

A los 40 ó 50 días después de la germinación, todas las hojas se encuentran totalmente expandidas y es en este momento cuando se da la máxima intercepción de luz. En esta etapa comienza la formación del buche, el cual contiene la panícula que emergerá dentro de los próximos 6 a 10 días. El sistema radicular de la planta se encuentra totalmente desarrollado y la planta cuenta con aproximadamente entre 60 y 70 por ciento del peso seco total (Compton, 1990). El cultivo llega al 50% de floración aproximadamente entre los 55 y 70 días, aunque pueden darse extremos que se encuentran entre los 30 y 100 días (House, 1985). El grano en desarrollo entra a la etapa de masa suave aproximadamente a los 70 días después de la germinación; en este momento, el grano solamente ha acumulado un 10% de la materia seca total ya que únicamente ha aumentado su volumen. La acumulación rápida de la materia seca del grano comienza al final de la etapa de masa suave, aproximadamente a los 80 días después de la germinación; la acumulación de materia seca en este momento de desarrollo ha alcanzado 40%. Entre 80 y 85 días después de la germinación, el grano se encuentra en la etapa de masa dura; La planta ha concluido la absorción de nutrimentos y el grano ha acumulado 75% del peso seco total. Aproximadamente a los 90 días después de la germinación el cultivo de sorgo alcanza la madurez fisiológica. En este punto de madurez, el grano contiene aproximadamente 30% de humedad.

2.5. REQUERIMIENTOS DEL CULTIVO

2.5.1. Temperatura

El cultivo de sorgo puede producir altos rendimientos aún bajo altas temperaturas; los mayores rendimientos son obtenidos cuando las temperaturas durante la etapa de crecimiento varían entre 24 y 27 °C. Altas temperaturas diurnas no constituyen un gran problema, siempre y cuando las temperaturas nocturnas sean más frescas y la humedad del suelo sea adecuada. Los sorgos pueden soportar temperaturas sobre los 37°C, pero vientos secos acompañados de altas temperaturas durante la polinización pueden reducir los rendimientos (Doggett, 1988).

2.5.2. Agua

El sorgo posee ciertas características que le confieren una marcada habilidad para soportar condiciones de sequía: un profundo y eficiente sistema radicular, una baja capacidad de transpiración en relación a la capacidad de absorción de agua por el sistema radicular, capacidad de enrollar y botar sus hojas bajo condiciones de estrés hídrico y una capa de cera que recubre sus hojas y tallos protegiéndolos de excesivas pérdidas de agua (Doggett, 1988). Debido a esas características, Peacock y Wilson caracterizan el sorgo como uno de los cultivos más populares en los trópicos semiáridos con una precipitación anual mayor de 500 mm (Guillén, 1993).

2.5.3. Nutrientes

El cultivo del sorgo, se considera bastante susceptible a deficiencias de microelementos como el Fe, Zn y Mn principalmente. Deficiencias en nitrógeno, dependiendo de la etapa del cultivo, pueden causar panículas con menos ramas primarias y secundarias, aborto en las florecillas iniciadas y disminución en el contenido de N del grano (Compton, 1990).

Según Quinby *et al* (Doggett, 1988), se estima que un rendimiento de 6 t ha⁻¹ de grano remueven del suelo 220 kg de N, 70 kg de P₂O₅ y 35 kg de K₂O; toda la planta remueve aproximadamente 275 kg de N, 90 kg de P₂O₅ y 85 kg de K₂O al producir la misma cantidad de grano.

2.5.4. Suelo

La planta de sorgo puede crecer exitosamente en suelos que varían su pH entre 5.5 y 8.5; puede tolerar cierto grado de salinidad, alcalinidad y pobre drenaje (Doggett, 1988).

2.6. PROBLEMAS CAUSADOS POR LAS MALEZAS

La evaluación del daño causado por una plaga es un prerequisite para determinar cuan importante es la plaga. En ocasiones el daño no es tan fácil de notar como parece (Mercado, 1979).

2.6.1. Pérdidas en rendimiento

Según datos proporcionados por el ICA (1969), el rendimiento del cultivo de sorgo puede decaer en 58% cuando la deshierba se retarda hasta los 30 días antes de la cosecha. Las pérdidas en rendimientos pueden dividirse en directas e indirectas. Se consideran directas cuando las disminuciones en rendimiento son debidas al consumo (por la maleza) de algún factor limitante para el cultivo. Las reducciones de rendimiento indirectas son debidas al daño que causa un organismo ajeno al cultivo y a la maleza, pero que se encuentra asociado a la presencia de la maleza en el campo; en este caso podrían citarse ejemplos de roedores, insectos y otro tipo de patógenos (Pitty, 1997).

Investigaciones hechas por Bennett *et al* (1990), han demostrado que una maleza (*Amaranthus spp.*) por 2.5 m de surco puede reducir el rendimiento en 1.7 t ha^{-1} . Mayores incidencias de malezas reducen aún más los rendimientos (Bennett *et al*, 1990). En el cuadro 1, se muestra el rendimiento de maíz y soya en campos con malezas y sin malezas.

Cuadro 1. Rendimiento de maíz y soya en campos con malezas y sin malezas

Cultivo	Rendimiento en t ha^{-1}	
	Sin malezas	Con malezas
Maíz	3.9	2.9
Soya	1.15	0.48

Datos obtenidos en la sección de malezas, Departamento de Agronomía, Universidad de Filipinas, Los Baños (Mercado, 1979).

2.6.2. Competencia y alelopatía

Existe una gran diferencia entre competencia y alelopatía, ya que según Zimdahl (Pitty, 1997), en el caso de la alelopatía un compuesto químico es añadido al ambiente; contrario a la alelopatía, la competencia reduce o remueve un compuesto o factor esencial para el crecimiento de las plantas.

Se dice que existe competencia entre dos plantas, cuando ambas requieren del mismo factor de crecimiento y el ambiente no puede suplir las necesidades de las dos al mismo tiempo (Pitty, 1997). 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).

Dependiendo de las especies que interactúan, la competencia se divide en intraespecífica e interespecífica. La intraespecífica se da entre las plantas de la misma especie dentro de una determinada área de cultivo; este tipo de competencia se considera la más fuerte, ya que las plantas tienen las mismas necesidades a lo largo de todo el ciclo del cultivo. La competencia interespecífica se da entre diferentes especies; este tipo de competencia por lo general es de menor intensidad que la anterior, ya que las plantas que interactúan, poseen diferentes requerimientos de los factores que intervienen en su crecimiento; este tipo de competencia puede llegar a ser de la misma intensidad que la interespecífica al interactuar plantas de diferentes especies con requerimientos similares (Pitty, 1997).

Como se mencionó, la alelopatía se refiere a la producción de compuestos alelopáticos que son liberados al ambiente, los cuales afectan el desarrollo de las plantas sobre las que actúan; este término incluye el efecto que éste compuesto tiene sobre otros organismos como por ejemplo insectos. Dependiendo de los compuestos producidos, la alelopatía se puede dividir en alelopatía verdadera y funcional; la alelopatía verdadera se da cuando la maleza libera compuestos que afectan el crecimiento de otra planta, sin que se dé una modificación del compuesto producido; en la alelopatía funcional el compuesto liberado es transformado por microorganismos durante la descomposición de los rastros, produciendo metabolitos secundarios que causan alelopatía.

Tomando en cuenta las especies que interactúan, puede darse una separación entre alelopatía intraespecífica e interespecífica. La intraespecífica es conocida también como autotoxicidad, en la cual, las plantas producen compuestos tóxicos para otras de su misma especie. La alelopatía intraespecífica se da entre diferentes especies y puede darse de maleza a cultivo, de cultivo a maleza, de maleza a maleza o de cultivo a cultivo (Pitty, 1997).

2.6.3. Contaminación del producto del cultivo

Las formas de contaminación de las malezas hacia el cultivo pueden ser muy variadas, dependiendo del producto final del cultivo y la maleza presente en el campo. En ocasiones, semillas de malezas se mezclan con la cosecha del cultivo; en el caso de la producción de semilla certificada, esta contaminación puede representar la pérdida total del lote dependiendo del porcentaje de semillas extrañas que se encuentren en el mismo (Pitty y Godoy, 1997).

2.6.4. Hospederas de plagas y enfermedades

Las malezas son hospederas de insectos, nemátodos, hongos y virus que atacan a los cultivos; su efecto sobre los cultivos puede incrementarse cuando la maleza pertenece a la misma familia del cultivo, ya que existen plagas que prefieren alimentarse de la maleza, pero al consumirla totalmente se convierten en plaga del cultivo (Pitty y Godoy, 1997).

2.7. CONTROL DE MALEZAS

Para llevar a cabo un exitoso control de malezas es necesario conocer las malezas presentes en el campo, su ecología y biología; esto permitirá seleccionar el método de control que más se adecue a las necesidades y limitantes presentes en el campo (Pitty y Muñoz, 1991).

2.7.1. Tipos de control

La supresión o control de malezas consiste en el uso de prácticas para reducir las malezas a un punto en que el impacto económico que pueden causar sea minimizado. Según Akobundu, esta estrategia no busca eliminar completamente las malezas; lo que pretende es reducir la dispersión de las malezas o reducir las poblaciones en una área determinada (Pitty, 1997).

2.7.1.1. Control cultural.

Algunos autores, separan del control cultural, el uso de cultivares competitivos y el uso de alelopatía, y lo incluyen dentro de una táctica fitogenética para el control de malezas (Pitty y Muñoz, 1991).

Mero (1997), incluye dentro de los controles culturales el uso de cultivos o cultivares que tengan crecimiento rápido, mencionando dentro de las características deseables del cultivar, semillas de rápida germinación, plántulas de crecimiento vigoroso y con buena tolerancia a las condiciones ambientales y de suelo. Otra práctica que incluye Teasdale dentro del control cultural, es el aumento en la densidad de siembra, ya que la competencia que ofrece el cultivo a la maleza es mayor (Mero, 1997). Dentro de los procedimientos mencionados por Mero (1997), se incluyen la rotación de cultivos, la cual obliga al uso de otras prácticas culturales o de manejo de malezas; manejo de las fechas de siembra, de manera que el cultivo aproveche los recursos cuando están más disponibles (a fin que el cultivo compita mejor con la maleza) o evitando picos de germinación de ciertas malezas; fertilización adecuada y en el momento oportuno, a fin de permitir el mejor aprovechamiento de los nutrientes por el cultivo y favorecer el rápido crecimiento y desarrollo del área foliar y sistema radicular; sistema de riego localizado al cultivo, evitando que la maleza y el cultivo tengan igual disponibilidad de agua; inundación, aunque su uso esta limitado por el tipo de suelo, especie de maleza y disponibilidad de agua.

Mercado (1979) incluye dentro de los controles culturales, el uso de una capa de cobertura, mantenimiento de ciertas áreas bajo inundación y rotación de cultivos.

2.7.1.2 Control mecánico. Dentro de este tipo de control de malezas se encuentran un gran número de actividades empleadas comúnmente por los productores de sorgo. La implementación de una u otra actividad, dependerá de la extensión del cultivo, características de las malezas a controlar y disponibilidad y costo de la mano de obra y maquinaria.

La remoción de las malezas a mano es una práctica muy utilizada en la agricultura de subsistencia o en lugares donde la mano de obra no es una limitante en costo y disponibilidad; esta actividad según McCarty y Murphy, se limita a malezas que no tiene la capacidad de rebrotar al dejar partes vegetativas dentro del suelo (Mero, 1997). La remoción de las malezas puede ser efectuada por medio de implementos manuales, con la limitante de tener que repetir dicha actividad durante varias ocasiones durante el ciclo del cultivo.

En cultivos extensivos, el uso de maquinaria para el control de malezas es una práctica muy utilizada, aunque según Samson y Coulman, su eficiencia de control aun después de múltiples pasadas, sea inferior al efectuado por los herbicidas (Mero, 1997). Post *et al* concluye, que este tipo de actividades puede ayudar en el control de biotipos de malezas resistentes a ciertos herbicidas (Mero, 1997).

Las malezas pueden ser controladas antes de establecer el cultivo por medio de la labranza o el laboreo del suelo, al enterrarlas o exponerlas al sol sin estar en contacto directo con el suelo. La desventaja de esta actividad es que puede servir como medio de dispersión de ciertas malezas como *Cyperus rotundus* o *Sorghum halepense*, al fragmentar sus estructuras vegetativas o romper la dominancia apical (Mero,1997).

2.7.1.3. Control químico. Según Anderson (1977), el control químico de las malezas presenta varias ventajas sobre los otros tipos de controles, ya que reducen la energía requerida para el control de las malezas, disminuyen el deterioro del suelo y reducen el daño al ambiente. Un problema que debe ser considerado con el uso de herbicidas, es la toxicidad que pueden causar hacia cultivos subsecuentes los compuestos residuales que dejan los herbicidas (Bennett *et al*, 1990).

De acuerdo con los niveles de selectividad, los herbicidas pueden ser agrupados en selectivos y no selectivos; sin embargo se debe considerar que la selectividad de un herbicida es una consideración bastante relativa tomando en cuenta los factores que afectan la selectividad (Mercado, 1979).

Dentro de los diferentes tipos de herbicidas se podrían mencionar los de acción sistémica dentro de la planta. Dependiendo de su modo de acción, estos herbicidas pueden producir cambios en la respiración, obstrucción en la absorción de los nutrimentos, división y crecimiento celular anormal, bloqueo de la fotosíntesis, producción de metabolitos celulares tóxicos y ruptura celular.

Hassan *et al* (Compton, 1990), reporta como popular el uso de atrazina por los productores de sorgo; el amplio uso de este producto deriva del bajo costo del producto comercial y de la alta tolerancia del cultivo hacia el ingrediente activo del herbicida. De los diferentes grupos químicos de herbicidas, las triazinas son las mas comúnmente utilizadas, siendo el maíz, el cultivo sobre el cual se aplica el mayor volumen de herbicidas.

El control de malezas en sorgo utilizando herbicidas, es una práctica muy común. Algunas malezas gramíneas no son efectivamente controlables por herbicidas como atrazina o propazina, por los que es necesario recurrir al uso de graminicidas como por ejemplo alaclor o metolaclor (Coats *et al*, 1985).

El incremento en la popularidad del control químico varía en dos sentidos, de acuerdo a la eficiencia o ineficiencia del herbicida y al costo en el que se incurre con su aplicación (Mercado,1979).

2.7.1.4. Desarrollo de nuevos productos herbicidas. Nuevos herbicidas como las sulfonilureas han demostrado altos niveles de tolerancia por los cultivos combinados con altos niveles de efectividad (Wrage, 1996). Nuevos productos como el herbicida Permit (MON-12000 o halosulfuron metil) han sido desarrollados y recomendado para el control postemergente de hojas anchas; el herbicida Battalion, contiene el mismo ingrediente activo que el Permit, además de un protectante que permite aplicarlo como preemergente. La compañía Monsanto esta combinando las propiedades del herbicida Battalion y del herbicida acetoclor (Harness) en una mezcla conocida como Thophand (Knake, 1996)

2.8. FACTORES QUE AFECTAN LA ACTIVIDAD DEL HERBICIDA

Los herbicidas aplicados al suelo deben estar activos en una concentración suficiente para proporcionar un adecuado control de las malezas. En el suelo ocurren una gran cantidad de 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 exitoso control de malezas (Pitty, 1997).

Un hecho que debe ser considerado al usar herbicidas, es la tolerancia del cultivo al herbicida, la cual varía de acuerdo con la textura del suelo, humedad del suelo y otras condiciones climáticas. Suelos con una baja capacidad buffer como por ejemplo suelos con altos contenidos de arena o bajos contenidos de materia orgánica, son especialmente propensos a mostrar niveles tóxicos de los herbicidas (Bennett, 1990).

2.8.1. Degradación no biológica de la molécula del herbicida

Degradación de herbicidas ha sido observada en suelos esterilizados, denotando la no participación de organismos en dicho efecto. Skipper *et al* y Armstrong *et al* (Mercado, 1979) han notado la formación de hidroxiatrazina en suelos estériles tratados con atrazina, aunque concluyen que el pH y el contenido de materia orgánica son responsables de gran parte del proceso de hidroxilación.

2.8.2. Degradación biológica de la molécula del herbicida

Los microorganismos son los responsables de la degradación de las diversas estructuras de las moléculas de los herbicidas. Productos como carbamatos, fenilureas y triazinas pueden ser degradados al romperse los anillos de carbono, al ser utilizados fragmentos de estos, como alimento por los microorganismos. La acción de los microorganismos del suelo determina en gran manera, la persistencia de los herbicidas en el suelo. Sin embargo la biodegradación es afectada por condiciones climáticas, tipo de organismos y hasta cierto punto la cantidad de materia orgánica presente en el suelo.

2.8.3. Características del suelo

Cuando un herbicida es depositado en el suelo, cae en un medio completamente heterogéneo y la interacción herbicida-suelo toma lugar en varias formas. Las moléculas del herbicida pueden ser absorbidas reversible o irreversiblemente (Mercado, 1979).

2.8.3.1. Adsorción de las moléculas del herbicida a las partículas de suelo. Adsorción del herbicida, es la atracción o adhesión del ion o molécula herbicida, a la superficie de la partícula de suelo. La adsorción determina la cantidad de residuos del herbicida que permanecen en la superficie del suelo y la cantidad de producto que es lixiviado hacia estratos más profundos. Investigaciones realizadas, muestran que la adsorción del herbicida es llevada a cabo por las partículas de arcilla, observándose además, una alta correlación entre la adsorción del herbicida y el contenido de materia orgánica del suelo (Mercado, 1979).

Los herbicidas alifáticos, fenóxidos, sulfonilureas, imidazolinonas, benzoicos y uracilos tienen carga negativa cuando están en un suelo neutro. Por la carga que poseen las arcillas sobre su superficie, las moléculas de estos herbicidas no son muy adsorbidas permaneciendo más tiempo en la solución de suelo (Pitty, 1997).

En los herbicidas del grupo de las triazinas, la carga eléctrica de la molécula del herbicida depende del pH del suelo; en suelos ácidos existe una mayor adsorción de la molécula, ya que al tomar una forma catiónica debido al pH, es fuertemente atraída por las cargas negativas de las arcillas (Pitty, 1997).

Los herbicidas de los grupos dinitroanilidas, difenil éter, tiocarbamatos, ureas y amidas, son neutrales y no tienen carga eléctrica bajo ningún pH (Pitty, 1997).

2.8.4. Resistencia de las malezas

El aparecimiento de ciertas especies de malezas después de la continua aplicación de herbicidas, puede ser debida a dos posibles razones: las malezas son inherentemente resistentes al herbicida y la supresión de sus competidores favorece su dominancia, o la especie de esa maleza ha adquirido la resistencia gradualmente a través de la continua absorción del herbicida a niveles de sub-dosis (Mercado, 1979).

El desarrollo de resistencia esta influenciada por las características propias del herbicida, ya que existen productos que solamente actúan en un solo sitio; 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).

Existen varias condiciones en un campo de cultivo que predisponen la aparición de resistencia. La residualidad de los herbicidas, el uso continuado de un solo producto como medio principal de control de malezas y la susceptibilidad o tolerancia de la maleza al herbicida, conjuntamente con su frecuencia dentro de la población, influyen en el desarrollo de resistencia debido a la mayor presión de selección que se ejerce sobre las malezas presentes en el campo (Hager, 1996).

2.9. FACTORES QUE AFECTAN LA SELECTIVIDAD DEL HERBICIDA

Algunos herbicidas son considerados no selectivos debido a que la mayoría de plantas son afectadas por ellos. Un herbicida se considera selectivo cuando puede ser tolerado en un amplio rango de concentraciones por unas especies, pero no por otras (Mercado, 1979).

2.9.1. Nutrición y etapa de desarrollo de la planta.

Una mayor nutrición y vigor en las plantas en crecimiento activo, puede hacerlas más susceptibles a los daños por herbicidas comparativamente con plantas que presentan deficiencias de nutrimentos; algunos elementos minerales son necesarios para la translocación del alimento y translocación indirecta del herbicida a los puntos de acción.

En especies donde la resistencia hacia el herbicida esta basada en la conjugación o metabolización del ingrediente activo, puede ser de mayor beneficio un estado de metabolismo vigoroso. La resistencia puede ser mayor al acelerar la velocidad en la generación de compuestos que conjugan la molécula o al aumentar la actividad de los compuestos que degradan la molécula del herbicida (Mercado, 1979).

2.9.2. Mecanismos de selectividad

2.9.2.1. Selectividad física y fisiológica. En la selectividad fisiológica, ocurre un contacto directo entre el herbicida y las células de la planta. Las plantas tolerantes pueden contrarrestar la acción del herbicida por medio de un mecanismo fisiológico o bioquímico.

Cuando el contacto directo entre las células de la planta y el herbicida es minimizado o prevenido, se dice que el tipo de selectividad es física. En condiciones de campo, ambos tipos de selectividad pueden actuar al mismo tiempo (Mercado, 1979).

La selectividad verdadera de los cultivos, se debe principalmente a su capacidad de detoxificar el herbicida. Dicha detoxificación ocurre por diferentes reacciones bioquímicas entre las que se pueden identificar como las más importantes: conjugación, hidrólisis, reducción y oxidación.

En las reacciones de conjugación, la molécula del herbicida se transforma en otro compuesto al reaccionar con compuestos comúnmente presentes en la planta; tal es el caso del glutatión, azúcares, aminoácidos o el citocromo P₄₅₀.

El proceso de hidrólisis resulta en el rompimiento de la molécula original del herbicida por medio del agua, resultando dos o más compuestos que no poseen ninguna actividad herbicida dentro de la planta.

Las reacciones de reducción de las moléculas de los herbicidas es poco común, y solamente se da en algunas plantas con muy pocos herbicidas. La oxidación, es una manera de detoxificar la molécula del herbicida, en la cual la molécula original se convierte en una molécula que no causa daño alguno a la planta (Pitty, 1997).

2.9.3. Uso de protectantes

Dentro de los graminicidas preemergentes más utilizados se incluyen alaclor y metolaclor, los cuales poseen un uso limitado, ya que es necesario tratar la semilla con un protectante para evitar daños posteriores sobre el cultivo del sorgo. Los productos utilizados como protectantes son los siguientes: Flurazole [2-chloro-4-(trifluoromethyl) ácido-5-thiazolecarboxylic (phenylmethyl ester)], el cual es aplicado cuando se utiliza alaclor. El producto oxabetrinil [α -(1,3-dioxolan-2-yl) methoxyimino] bencenoacetonitrilo, es aplicado en el caso de utilizar metolaclor (Knake, 1996).

Investigaciones hechas en la Estación Agrícola y Forestal de la Universidad de Mississippi por Coats *et al* (1985) demostraron que los dos protectantes pueden ser utilizados indistintamente con cualquiera de los herbicidas alaclor o metolaclor, sin causar daño aparente o reducción drástica en rendimiento en el cultivo.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

Ambos experimentos presentaron condiciones de cultivo variables. El primer experimento realizado en la Estación Experimental padeció de estrés hídrico, lo que aparentemente afectó el crecimiento y rendimiento de sorgo, así como el control de malezas y la toxicidad. El experimento de Las Vegas, mostró daño de pájaros y roedores. Su daño fue tomado en cuenta al momento de hacer las estimaciones respectivas.

4.1. Control de malezas.

Los porcentajes de control de malezas fueron analizados por cada una de las malezas evaluadas, a fin de determinar cual tratamiento fue el más eficaz en controlar determinada maleza.

4.1.1. Control de *Cyperus rotundus*

El modelo utilizado en el experimento de Las Vegas y en la Estación Experimental, resultó con una alta significancia ($P < 0.0001$ en ambos casos), explicando un alto y medio porcentaje de la variabilidad total ($R^2=89\%$ y 52% respectivamente) mostrada por el efecto de los tratamientos.

El experimento realizado en Las Vegas fue bien conducido en el campo, siendo su coeficiente de variación menor (C.V. = 47%) que el observado en la Estación Experimental (C.V. = 100%). La alta variabilidad en la Estación Experimental pudo ser debida a las características de *C. rotundus*, ya que es común observar patrones de dispersión irregulares. En el cuadro 4, se muestra el análisis de varianza para el control de *C. rotundus* y los contrastes ortogonales que se realizaron.

Cuadro 4. Análisis de varianza y contrastes ortogonales realizados para la evaluación de *C. rotundus*, en Zamorano, 1996.

Fuente de variación	Las Vegas			Estación Experimental		
	Probabilidad ad P>	G. L.	% de control	Probabilidad P>	G.L.	% de control
Modelo	0.0001	22		0.0001	19	
Tratamientos	0.0001	22		0.0001	19	
atrazina+alaclor vrs. otros	0.0005	1	0% vrs. 36%	0.0209	1	0% vrs. 36%
halosulfuron vrs. otros	0.0001	1	82% vrs. 36%	0.0001	1	60% vrs. 31%
halosulfuron vrs. acetoclor	0.0001	1	82% vrs. 18%	0.0091	1	60% vrs. 5%
halosulfuron vrs. isoxasole	0.0001	1	82% vrs. 0%	0.7396	1	60% vrs. 13%
halosulfuron med. vrs. halosulfuron max.	0.0017	1	82% vrs. 96%		1	
Error		121			100	
Total		143			119	
R ²		89%			52%	
C.V.		47%			100%	

Como se puede observar en los contrastes del cuadro 4, existe diferencia estadística entre los porcentajes de control de *C. rotundus* de halosulfuron y los restantes tratamientos; existe una diferencia significativa entre la dosis máxima y la dosis media de halosulfuron, en la cual, la mayor dosis proporciona el porcentaje de control más alto; en Las Vegas existe diferencia significativa entre halosulfuron, acetoclor e isoxasole, notándose una baja capacidad de acetoclor e isoxasole en controlar *C. rotundus*; en la Estación Experimental no existe una diferencia significativa entre halosulfuron e isoxasole, probablemente por los patrones de distribución de la maleza en el campo.

Los porcentajes de control efectuados por los diferentes tratamientos pueden ser observados en el Anexo 4. En Las Vegas los tratamientos que proporcionaron los controles más altos de *C. rotundus* fueron la dosis máxima de halosulfuron y la combinación de acetoclor + halosulfuron con 96 y 94% de control respectivamente. Los valores observados en Las Vegas no coincidieron con los valores observados en la Estación Experimental, ya que los tratamientos que proporcionaron los mejores controles en la Estación Experimental fueron los herbicidas alaclor aplicado solo (78%) y atrazina aplicado solo (77%), ubicándose en el ultimo lugar el tratamiento de los dos herbicidas combinados (0%). Esta falta de concordancia en los resultados de la Estación Experimental puede ser debida a que esta parcela no presentaba una distribución uniforme de *C. rotundus* y por lo tanto los controles efectuados por las aplicaciones postemergentes

fueron menos notorios que los efectuados por otros tratamientos en las parcelas donde la presión de *C. rotundus* era menor .

En Las Vegas, los mayores controles fueron efectuados por todos los tratamientos que contenían el herbicida halosulfuron, notándose una pequeña disminución en los porcentajes de control de las combinaciones de atrazina + halosulfuron y alaclor + halosulfuron (Anexo 4). A diferencia de la Estación Experimental, el área de Las Vegas es sometida a laboreo del suelo más frecuentemente por contarse con sistema de riego que permite una producción continua; esto ha favorecido una adecuada dispersión y distribución de *C. rotundus*.

4.1.2 Control de *Melampodium divaricatum*

El experimento en Las Vegas presentó un alto grado de significancia para la evaluación del control de *M. divaricatum* ($P > 0.0001$), aunque la variabilidad total debida al efecto de los diferentes tratamientos fue explicada en un porcentaje medio ($R^2=45\%$). Las evaluaciones a nivel de campo fueron bien realizadas ya que se observa una baja variabilidad (C.V.=19%).

En la Estación Experimental el modelo utilizado resulto ser no significativo ($P > 0.1111$) por lo que se asume que debe ser utilizado otro diseño estadístico u otra forma de evaluación con un mayor número de repeticiones para poder medir adecuadamente el efecto de los tratamientos sobre *M. divaricatum*; probablemente la no significancia del modelo pueda ser debida a una distribución desuniforme de la maleza en el campo. En el cuadro 5, se muestra el análisis de varianza y los contrastes ortogonales realizados para la evaluación de *M. divaricatum*.

Cuadro 5. Análisis de varianza y contrastes ortogonales realizados para la evaluación de *M. divaricatum*, en Zamorano, 1996.

Fuente de variación	Las Vegas			Estación Experimental			
	Probabilida d P>	G. L.	% de cntrol	Probabilid ad P>	G.L.	% de cntrol	
Modelo	0.0001	22		0.1111	19		
Tratamientos	0.0001	22		0.1111	19		
atrazina+alaclor vrs. otros	0.2507	1	99% vrs. 96%	0.6623	1	98% 97%	vrs.
atrazina vrs isoxasole	0.4511	1	99% vrs 96%	0.3230	1	97% 92%	vrs.
isoxaxole vrs. halosulf.	0.3792	1	96% vrs. 92%	0.1689	1	92% 96%	vrs.
isoxasol min. vrs. isoxasole max.	0.9691	1	88% vrs. 96%				
Error		121			100		
Total		143			119		
R ²		45%			22%		
C.V.		19%			22%		

En el Anexo 5, se muestran los diferentes porcentajes de control de *M. divaricatum* efectuados por los tratamientos. De acuerdo a la separación de medias efectuada por el análisis estadístico, los tratamientos que proporcionaron los mejores controles fueron las combinaciones de atrazina + metolaclor (100% de control), atrazina + halosulfuron (100% de control), isoxasole + halosulfuron (100% de control) y atrazina aplicado solo (100% de control). El control proporcionado por el tratamiento isoxasole más halosulfuron, muestra que los dos herbicidas combinados efectúan un mayor control que al aplicarse cada producto por separado, ya que los controles efectuados por las aplicaciones de los herbicidas solos, fueron separados estadísticamente del tratamiento que tenía los dos herbicidas combinados. El tratamiento que proporcionó el menor control fue la aplicación de alaclor, lo cual demuestra que este herbicida no tiene mayor eficacia en controlar *M. divaricatum*. El herbicida metolaclor aplicado solo, proporciono un porcentaje de control similar (68%) al del herbicida alaclor, ya que este producto es considerado un graminicida al igual que alaclor. El graminicida acetoclor proporcionó un porcentaje de control mayor (88% de control) que los herbicidas alaclor y metolaclor, mostrando una capacidad superior de control de hojas anchas que los restantes graminicidas aplicados (alaclor y metolaclor). El cuadro 5 muestra que no se observaron diferencias estadísticamente

4.1.3. Control de *Portulaca oleracea*

La evaluación de *P. oleracea* solamente se efectuó en Las Vegas ya que en la Estación Experimental su presencia fue escasa. La significancia del modelo para la evaluación del control de *P. oleracea* fue alta ($P>0.0001$); los datos obtenidos en el campo presentaron una variabilidad baja (C.V.=18%), por lo que se considera que la medición de los datos fue realizada adecuadamente y la maleza presentaba una distribución uniforme en el campo. La variación total expresada por los valores obtenidos en el campo fue explicada por el modelo en un alto porcentaje ($R^2=77\%$). En el cuadro 6, se muestra el análisis de varianza y los contrastes ortogonales realizados para la evaluación de *P. oleracea*.

Cuadro 6. Análisis de varianza y contrastes ortogonales realizados para la evaluación de *P. oleracea*, en Zamorano, 1996.

Fuente de variación	Las Vegas		
	Probabilidad P>	G. L.	% de control
Modelo	0.0001	22	
Tratamientos	0.0001	22	
atrazina+alaclor vs. Otros	0.0036	1	100% vs. 96%
atrazina vs. isoxasole	0.0483	1	100% vs. 96%
isoxasole vs. halosulfuron	0.0001	1	96% rs. 41%
Error		121	
Total		143	
R^2		77%	
C.V.		18%	

Como se puede observar en los contrastes, existen diferencias entre atrazina e isoxasole (dosis media), presentando los mejores controles de *P. oleracea* el herbicida atrazina. Aparentemente existen diferencias entre los controles efectuados por las dosis mínima y máxima de isoxasole, aunque esta diferencia es mínima.

En el Anexo 6, se muestran los porcentajes de control de *P. oleracea* proporcionados por cada tratamiento. La mayoría de tratamientos tuvieron el mismo efecto en el control de *P. oleracea*. El tratamiento de isoxasole a dosis mínima proporcionó el mismo grado de control (99%) que el tratamiento de isoxasole a dosis máxima (99%), ya que no pudo ser separado estadísticamente, aunque el control de la dosis media de isoxasole (96%) fue separado estadísticamente de la dosis mínima y máxima. Los tratamientos de atrazina (99%) solo y atrazina + isoxasole (99%), tampoco fueron separados estadísticamente de la dosis mínima de isoxasole. Los controles más deficientes fueron observados en los tratamientos de metolaclor (48%) y la dosis máxima y media de halosulfuron (46 y 42% respectivamente), lo cual demuestra la baja capacidad del herbicida halosulfuron. de controlar *P. oleracea* al ser aplicado solo. Los graminicidas aplicados solos, mostraron una baja capacidad de controlar la maleza, aunque el herbicida acetoclor fue el que obtuvo

4.1.4. Control de *Tithonia tubaeformis*

Esta maleza fue evaluada unicamente en la Estación Experimental, ya que su incidencia en Las Vegas fue casi nula. El modelo utilizado fue altamente significativo ($P > 0.0001$), explicando un porcentaje medio de la variabilidad total ($R^2 = 46\%$). La variabilidad de los datos a nivel de campo fue mayor de lo que se podría haber esperado ($C.V. = 57\%$) y pudo ser afectada por una distribución poco uniforme de la maleza en el campo. En el cuadro 7, se muestra el análisis de varianza y los contrastes ortogonales realizados para la evaluación de *T. tubaeformis*.

Cuadro 7. Análisis de varianza y contrastes ortogonales para la evaluación de *T. tubaeformis*, en Zamorano, 1996.

Fuente de variación	Estación Experimental		
	Probabilidad P>	G. L.	% de control
Modelo	0.0001	19	
Tratamientos	0.0001	19	
atrazina+alaclor vrs. otros	0.7072	1	100% vrs. 96%
atrazina vrs. isoxasole	0.2686	1	100% vrs. 96%
Error		100	
Total		119	
R^2		46%	
C.V.		57%	

En el Anexo 7, se muestran los porcentajes de control de *T. tubaeformis* proporcionados por los diferentes tratamientos. El tratamiento que presenta el porcentaje más alto de control (91%) de *T. tubaeformis* es el herbicida alaclor aplicado solo, lo cual resulta diferente a lo que se podría esperar, ya que el herbicida alaclor es recomendado como graminicida. Los porcentajes de control más bajos fueron realizados por las combinaciones de atrazina + halosulfuron y atrazina + metolaclor (19% y 17% respectivamente); estos dos tratamientos no fueron separados estadísticamente del tratamiento de atrazina aplicado solo. Esto bajos porcentajes de control de *T. tubaeformis* podrían ser el producto de la deficiente actividad de la atrazina cuando es aplicada en suelos secos, ya que como se muestra en el Anexo 8, en la Estación Experimental entre el 20 de octubre y el 31 de octubre de 1996, solamente cayó 1mm de precipitación (la aplicación fue hecha el 25 de octubre de 1996); no se debe descartar la posibilidad que la evaluación de *T. tubaeformis* haya estado influenciada por una distribución desuniforme de la maleza en el campo.

4.1.5. Promedio de control por tratamiento.

Para evaluar el control total de cada tratamiento, se tomó el porcentaje de control de *C. rotundus*, *M. divaricatum* *P. oleracea* y se calculó el promedio de control de las tres malezas en conjunto en el caso de Las Vegas. Para la Estación Experimental se realizó lo mismo con *C. rotundus*, *M. divaricatum* y *T. tubaeformis*.

El modelo en Las Vegas y en la Estación Experimental resultó altamente significativo ($P > 0.0001$ en ambos experimentos) para explicar el efecto debido a los tratamientos. La variabilidad de los diferentes promedios de controles, resultó ser menor (C.V.=11% y 13% respectivamente) que en los análisis efectuados a cada maleza por separado. El modelo pudo explicar un alto porcentaje de la variabilidad total ($R^2=75\%$ y 45% respectivamente) debida al efecto de los diferentes tratamientos. En el cuadro 8, se muestra el análisis de varianza y los contrastes ortogonales realizados para la evaluación del control promedio efectuado por los herbicidas.

Cuadro 8. Análisis de varianza y contrastes ortogonales realizados en la evaluación de los porcentajes promedios de control de *C. rotundus*, *M. divaricatum* *P. oleracea* y *C. rotundus*, *M. divaricatum* y *T. tubaeformis* en Las Vegas y la Estación Experimental respectivamente, en Zamorano, 1996.

Fuente de variación	Las Vegas			Estación Experimental		
	Probabilidad d P>	G. L.	% de control	Probabilidad P>	G.L.	% de control
Modelo	0.0001	22		0.0001	19	
Tratamientos	0.0001	22		0.0001	19	
atrazina+alaclor vs. otros	0.8473	1	70% vs. 70%	0.6094	1	66% vs. 71%
atrazina vs. isoxasole	0.5882	1	66% vs. 64%	0.0059	1	65% vs. 50%
Todos halosulfuron vs. otros	0.0001	1	85% vs. 65%	0.0768	1	73% vs. 68%
Todos atrazina vs. todos isoxasole	0.5839	1	73% vs. 72%	0.2821	1	67% vs. 69%
Todos alaclor vs. todos metolaclor	0.2171	1	65% vs. 68%	0.0124	1	76% vs. 66%
Todos acetoclor vs. todos metolaclor	0.0573	1	72% vs. 68%	0.0087	1	74% vs. 66%
Todos acetoclor vs. todos alaclor	0.0020	1	72% vs. 65%	0.8967	1	74% vs. 76%
Todos halosulfuron vs. todos graminicidas	0.0001	1	85% vs. 71%	0.7403	1	73% vs. 72%
Todos isoxasole vs. todos graminicidas	0.0004	1	66% vs. 71%	0.0863	1	67% vs. 72%
Error		121			100	
Total		143			119	
R^2	75%			45%		
C.V.	11%			13%		

En Las Vegas (Cuadro 8) existe una diferencia estadísticamente significativa entre todas las combinaciones de herbicidas que tienen acetoclor y todas las que tienen alaclor, debida a que el herbicida acetoclor produce porcentajes de control de hojas anchas más altos que los que proporciona el herbicida alaclor. Se observan además, diferencias significativas entre todas las combinaciones que contienen halosulfuron y todas las combinaciones que contienen graminicidas y entre todas las combinaciones que tienen isoxasole y todas las que contienen graminicidas. Esta diferencia es debida a que los herbicidas halosulfuron e isoxasole producen mejores controles de hojas anchas que los graminicidas.

En la Estación Experimental (Cuadro 8) existe diferencia estadísticamente significativa entre atrazina e isoxasole, debida probablemente a que el isoxasole se pierde más rápidamente en el suelo que la atrazina al ser aplicado bajo condiciones de baja humedad; esto no tendría porqué suceder, ya que según la compañía Rhone Poulenc (s.f.), el isoxasole puede ser aplicado en suelo seco sin que se afecten sus características herbicidas al ser activado por lluvias posteriores a la aplicación. Existe diferencia significativa entre el alaclor y metolaclor y entre acetoclor y metolaclor, debida probablemente a que el metolaclor se comporta diferente a alaclor y acetoclor, al ser aplicado en suelo seco.

En el Anexo 9, se muestran los valores de los promedios de control de *C. rotundus*, *M. divaricatum*, *P. oleracea* en Las Vegas y *C. rotundus*, *T. tubaeformis* y *M. divaricatum* en la Estación Experimental. En Las Vegas, los tratamientos que proporcionaron los mejores controles de *C. rotundus*, *M. divaricatum* y *P. oleracea* en conjunto, fueron las combinaciones de acetoclor + halosulfuron (96% de control), isoxasole + halosulfuron (96% de control) y atrazina + halosulfuron (93% de control). El tratamiento que proporciono el control mas deficiente fue metolaclor aplicado solo (46% de control), aunque este no pudo ser separado estadísticamente del tratamiento de alaclor (54% de control). Este bajo porcentaje de control pudo ser debido a la baja capacidad del los herbicidas alaclor y metolaclor para controlar hojas anchas y ciperáceas ya que este producto es recomendado, para el control de gramíneas. Cabe mencionar que el tratamiento de atrazina + acetoclor obtuvo un bajo promedio en el porcentaje de control (63% de control), debido principalmente al mínimo control efectuado sobre *C. rotundus*, observandose altos porcentajes de control para las malezas *M. divaricatum* y *P. oleracea*. En la Estación Experimental, el tratamiento que proporcionó los mejores controles de malezas fue alaclor aplicado por separado (88% de control), siendo los tratamientos que proporcionaron los controles más deficientes metolaclor (43%), atrazina + halosulfuron (43%), atrazina + metolaclor (44%) y alaclor + isoxasole (46%). En este experimento, el efecto de los herbicidas pudo verse afectado por las condiciones de sequía en las que fueron aplicados los productos, ya que muchos de estos al ser aplicados en suelo seco, se comportan diferente a como se podría esperar.

4.2. Fitotoxicidad

4.2.1 Efecto de los tratamientos sobre la densidad de plantas por hectárea

El modelo en Las Vegas y en la Estación Experimental se mostró altamente significativo para la evaluación de la densidad de plantas por hectárea de cada tratamiento ($P > 0.0001$ y $P > 0.0077$ respectivamente). El modelo utilizado, explicó un porcentaje aceptable de la variabilidad total ($R^2 = 64\%$ y 49% respectivamente) y de acuerdo a la variación expresada por los datos recolectados (C.V.=19% y 18% respectivamente), podría decirse que el experimento fue bien conducido a nivel de campo. En el cuadro 9, se muestra el análisis de varianza y los contrastes ortogonales realizados en la evaluación del efecto de fitotóxico de los herbicidas sobre la densidad de plantas ha^{-1} .

Cuadro 9. Análisis de varianza y contrastes ortogonales realizados en la evaluación del efecto de los herbicidas sobre la densidad de plantas ha^{-1} , en Zamorano, 1996.

Fuente de variación	Las Vegas			Estación Experimental		
	Probabilidad $P >$	G. L.	Plantas ha^{-1}	Probabilidad $P >$	G.L.	Plantas ha^{-1}
Modelo	0.0001	22		0.0077	19	
Tratamientos	0.0001	22		0.0077	19	
Graminicias vrs. otros	0.0883	1	144965 vrs. 14245	0.0709	1	121042 vrs. 130840
alaclor vrs. metolaclor	0.0020	1	136111 vrs. 187500	0.4781	1	175000 vrs. 136111
metolaclor vrs. acetoclor	0.0435	1	187500 vrs. 154167	0.0172	1	136111 vrs. 100000
alaclor vrs. acetoclor	0.2719	1	136111 vrs. 154167	0.0880	1	175000 vrs. 100000
Error		121			100	
Total		143			119	
R^2		64%			49%	
C.V.		19%			18%	

De todos los herbicidas aplicados, solamente los que pertenecen a la familia de las acetanilidas e isoxaflutole afectan la germinación de las plantas. Esto es debido a que el compuesto herbicida es absorbido por el coleóptilo de la planta al momento de la emergencia (Pitty, 1997; Rhone Poulenc, s.f.).

Como se puede observar en los contrastes (Cuadro 9), no existe una diferencia significativa entre graminicias y los restantes tratamientos, por lo que se podría decir que el protectante aplicado evitó una disminución en la densidad de plantas ha^{-1} , debida al efecto fitotóxico de los herbicidas sobre el sorgo. Existe una diferencia significativa entre alaclor y metolaclor, lo cual podría deberse a que el protectante oxabetrinil (Concep II) fue desarrollado para ser utilizado específicamente con metolaclor, aunque según Coats *et al* (1985), no debería observarse ninguna diferencia en el efecto sobre la germinación, ya que el protectante aplicado puede ser utilizado indistintamente con alaclor o metolaclor sin que se observe algún efecto fitotóxico. La diferencia observada entre acetoclor y metolaclor y la no significancia de la diferencia entre alaclor y acetoclor, podría ser debida a la misma razón expuesta anteriormente; el efecto del protectante prácticamente actúa de igual forma con alaclor y acetoclor.

En el Anexo 10, se muestran las densidades de los diferentes tratamientos. En Las Vegas, el tratamiento de atrazina es el que presenta la mayor densidad de plantas por hectárea (202778 plantas ha^{-1}), lo cual concuerda con lo expresado por Hassann *et al* (Compton, 1990), donde pone de manifiesto la alta tolerancia del cultivo hacia el ingrediente activo atrazina. Según Pitty (1997), la atrazina no tiene porqué afectar la germinación de las gramíneas, ya que debido a su modo de acción, la molécula ejerce su efecto herbicida al ser absorbido por la radícula de la planta después de la germinación y emergencia de la misma. El tratamiento de atrazina sola, presenta una menor densidad de plantas ha^{-1} con respecto a la densidad a la que fue calibrada la sembradora (250000 plantas ha^{-1}), aunque este tratamiento no pudo ser separado estadísticamente del testigo absoluto (204167 plantas ha^{-1}); esta diferencia pudo ser debida, a cierta desuniformidad de la superficie del terreno a consecuencia de las labores anteriores a la siembra, lo que provocaba que en ciertos tramos de la línea de siembra las cuatro tolvas de la sembradora no estuvieran siempre en contacto con el suelo. El tratamiento que obtuvo la menor densidad de plantas ha^{-1} fue el tratamiento de atrazina + isoxasole (59722 plantas ha^{-1}), demostrando el incremento en el efecto fitotóxico al combinarse los dos herbicidas, ya que tanto la dosis máxima como la dosis media de isoxasole, proporcionaron densidades (154167 plantas ha^{-1} en ambos casos) muy por encima de las obtenidas al combinar isoxasole + atrazina.

En la estación Experimental, el tratamiento que obtuvo la mayor densidad de plantas ha^{-1} fue la aplicación de alaclor (175000 plantas ha^{-1}) y los que obtuvieron la menor densidad de plantas ha^{-1} fueron los tratamientos de acetoclor y alaclor + isoxasole (100000 plantas ha^{-1} en ambos tratamientos). En este caso, las densidades pudieron verse afectadas por una costra que se formó durante la emergencia de las plantas.

4.2.2. Número de hojas y altura de planta

Se observó una alta significancia del modelo utilizado en la evaluación del número de hojas en Las Vegas y en la Estación Experimental ($P > 0.001$ en ambos casos). El modelo explicó un bajo porcentaje de la variabilidad total mostrada por el número de hojas en Las Vegas y en la Estación Experimental ($R^2 = 31\%$ y 21% respectivamente). El número de hojas presentó una menor variación en la Estación Experimental (C.V.=14%) al ser comparada con la variabilidad mostrada por los datos en Las Vegas (C.V.=17%).

El modelo presentó una alta significancia para altura de planta en Las Vegas, siendo menor la significancia del modelo en la Estación Experimental ($P > 0.0001$ y 0.0477 respectivamente). El modelo explica bajos porcentajes de la variación total mostrada en el experimento, siendo mayor el porcentaje en Las Vegas al ser comparado con la Estación Experimental ($R^2 = 19\%$ y 6% respectivamente). La variación de los datos fue mayor en Las Vegas que en la Estación Experimental (C.V.=56% y 51% respectivamente). En el cuadro 10 y 11 se muestra el análisis de varianza realizado para la evaluación del número de hojas y altura de planta.

Cuadro 10. Análisis de varianza realizado para la evaluación del número de hojas, en Zamorano, 1996.

Fuente de variación	Las Vegas		Estación Experimental	
	Probabilidad P>	G. L.	Probabilidad P>	G.L.
Modelo	0.0001	22	0.0001	19
Tratamientos	0.0001	22	0.0001	19
Error		121		100
Total		143		119
R ²		31%		21%
C.V.		17%		14%

Cuadro 11. Análisis de varianza realizado para la evaluación de altura de planta, en Zamorano, 1996.

Fuente de variación	Las Vegas		Estación Experimental	
	Probabilidad P>	G. L.	Probabilidad P>	G.L.
Modelo	0.0001	22	0.0477	19
Tratamientos	0.0001	22	0.0477	19
Error		121		100
Total		143		119
R ²		19%		6%
C.V.		56%		51%

En Las Vegas el tratamiento de deshierba manual fue el que presentó el mayor promedio de número de hojas y altura de planta (7.67 hojas y 44.78 cm de altura promedio), seguido de los tratamientos atrazina + metolaclor, metolaclor aplicado solo, alaclor + halosulfuron y dosis máxima de halosulfuron (7.18, 7.11, 7.11 y 6.96 hojas respectivamente), los cuales no pudieron ser separados estadísticamente entre sí. El tratamiento que presentó la mayor fitotoxicidad expresada como reducción en crecimiento y desarrollo, fue la combinación de atrazina + isoxasole (4.78 hojas y 13.98 cm de altura promedio).

En la Estación experimental, el tratamiento que permitió el mayor crecimiento y desarrollo fue la combinación de atrazina + acetoclor (7.56 hojas y 68.5 cm de altura promedio). El tratamiento que produjo la mayor reducción en crecimiento y desarrollo fue la combinación de isoxasole + halosulfuron. (5.67 hojas y 62.44 cm en altura promedio). El modelo no pudo encontrar diferencias estadísticamente significativas entre los promedios de altura de las plantas.

Es probable que la falta de coincidencia de los efectos sobre el número de hojas y altura de planta entre el experimento de Las Vegas y la Estación Experimental, sea producto de las diferentes condiciones de humedad del suelo en las que fueron aplicados los tratamientos.

4.2.3. Rendimiento

Debido a que durante el muestreo en la Estación Experimental solamente se obtuvo un dato de rendimiento por parcela, el modelo no pudo detectar diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes tratamientos.

Para los datos obtenidos en Las Vegas, el modelo utilizado resultó con una alta significancia ($P > 0.0001$), explicando un alto porcentaje de la variabilidad total ($R^2 = 81\%$). El experimento fue conducido adecuadamente en el campo ya que se observa una baja variabilidad de los datos recolectados ($C.V. = 23\%$). En el cuadro 12, se muestra el análisis de varianza y los contrastes ortogonales realizados para la evaluación de rendimientos.

Cuadro 12. Análisis de varianza y contrastes ortogonales realizados para la evaluación de rendimientos, en Zamorano, 1996.

Fuente de variación	Las Vegas		
	Probabilidad P>	G. L.	Medias de rendimiento (kg ha ⁻¹)
Modelo	0.0001	22	
Tratamientos	0.0001	22	
atrazina vrs. isoxasole	0.0081	1	4136 vrs. 2554
Todos atrazina vrs. todos isoxasole	0.0001	1	4162 vrs. 2823
Todos alaclor vrs. todos metolaclor	0.4126	1	3512 vrs. 3750
Todos acetoclor vrs. todos metolaclor	0.0575	1	3192 vrs. 3750
Todos acetoclor vrs. todos alaclor	0.2704	1	3192 vrs. 3512
Error		121	
Total		143	
R ²	81%		
C.V.	23%		

Existe diferencia (Cuadro 12) entre la dosis media de isoxasole y la aplicación de atrazina, debido principalmente al efecto fitotóxico del herbicida isoxasole sobre el cultivo. Los contrastes entre los diferentes gramicidas demuestran que el protectante oxabetrinil (Concep II) puede ser utilizado indistintamente con metolaclor, alaclor y acetoclor sin que se produzcan efectos detrimentales en el rendimiento.

En el Anexo 11, se muestran los diferentes rendimientos obtenidos de los tratamientos aplicados. En Las Vegas la parcela dehierbada manualmente fue la que produjo el mayor rendimiento (5,749 kg ha⁻¹), aunque esta no pudo ser separada estadísticamente de los tratamientos de dosis máxima halosulfuron (4,798 kg ha⁻¹), atrazina + halosulfuron (4,772 kg ha⁻¹) y atrazina + metolaclor (4,667 kg ha⁻¹). Esto demuestra la alta tolerancia del cultivo al herbicida halosulfuron y la excelente acción del protectante utilizado en el experimento.

V. CONCLUSIONES

5.1 Mejores productos o combinaciones de herbicidas

-Las combinaciones de herbicidas que proporcionaron los porcentajes de control de malezas más altos fueron acetoclor + halosulfuron, isoxasole + halosulfuron y atrazina + halosulfuron.

-De los graminicidas utilizados, el herbicida acetoclor proporciona niveles de control de hojas anchas superiores a los proporcionados por alaclor y metolaclor.

-De los herbicidas aplicados, el herbicida halosulfuron proporciona los mejores controles de *C. rotundus*.

5.2 Evaluación de toxicidad

-El herbicida isoxasole presentó una alta toxicidad hacia el cultivo de sorgo.

-El cultivo de sorgo presenta una alta tolerancia al herbicida halosulfuron metil.

5.3 Evaluación de la reducción en rendimiento debida al efecto fitotóxico de los herbicidas.

-El mejor rendimiento fue obtenido al controlar las malezas manualmente, lo que demuestra que todos los herbicidas producen en mayor o menor grado cierto efecto fitotóxico sobre el cultivo.

-Los tratamientos que proporcionaron los mayores rendimientos fueron la aplicación de la dosis máxima halosulfuron, la combinación de atrazina + halosulfuron y la combinación de atrazina + metolaclor.

-En lo que respecta a reducciones en rendimiento, el protectante oxabetrinil (Concep II) proporciona al sorgo una protección contra el efecto fitotóxico de alaclor y acetoclor, igual a la que proporciona contra la fitotoxicidad del metolaclor.

VI. RECOMENDACIONES

- Se deben realizar estudios utilizando variaciones en las dosis aplicadas, con los herbicidas o combinaciones de halosulfuron a dosis maxima, acetoclor + halosulfuron, atrazina + halosulfuron y atrazina + metolaclor, ya que estos fueron los tratamientos que proporcionaron los mejores controles de malezas o los mejores rendimientos sin causar altos niveles de toxicidad en el sorgo; esto con el objeto de determinar las dosis en las combinaciones que proporcionen los mejores controles de malezas y mayores rendimientos.
- Se deben realizar estudios en diferentes regiones con diferentes problemas de malezas.
- Se deben realizar monitoreos de residuos de herbicidas en el suelo, en las áreas donde se sitúan los ensayos, a fin de evitar sesgos en el caso de altos niveles de determinado herbicida antes de la aplicación de los tratamientos.
- De ser posible, se deberían realizar análisis de residualidad al final del experimento a fin de determinar posibles problemas de fitotoxicidad en los cultivos siguientes.
- Se debería utilizar el protectante específico para cada herbicida, para determinar si hay diferencias en rendimiento debido a una mejor protección del cultivo contra el efecto fitotóxico del herbicida.

VII. BIBLIOGRAFIA

- ANDERSON, W.P. 1977. Weed Science: Principles: West Publ. Co. s.p.
- ANDINO, J.; ANDRADE, J.; MOREIRA, D. 1991. Producción de Cultivos de granos Básicos. 3ra ed. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. s.p.
- COATS, G.E.; ANDERSON, D.H.; PALMERTREE, H.D.; BLOODWORTH, L.H.; COATS, R.E.; BROCK, W.A.; McMILLAN, J.W.; SANDERS, T.G. 1985. Protectants for alachlor and metolachlor on Grain & Forage sorghum Miss. EE.UU Mississippi Agricultural & Forestry Experiment Station (MAFES). Tech. Bulletin 131. 6pp.
- BENNETT, W.F.; TUCKER, B.B.; MAUNDER, A.B. 1990. Modern Grain Sorghum Production. Iowa State University Press/ Ames. USA. 169pp.
- COMPTON, L.P. 1990. Agronomía del sorgo. Trad. por Ma. Guadalupe López Abdelrague. Hyderabad (Ind.). Instituto Internacional para el mejoramiento de cultivos para los tropicos semiáridos (ICRISAT). 240pp.
- DOGGETT, H. 1965. The development of cultivated sorghums, in Hutchinson Sir J B (de) *Essays on Crop Plant Evolution*, Cambridge University Press p. 50.
- DOGGETT, H. 1988. Sorghum 2nd edn. Trop. Agric. Series. Longman. 512pp.
- GUILLEN, J.E. 1993. Respuesta del sorgo a la aplicación de azufre y nitrógeno en el valle del Zamorano. Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Honduras. Escuela Agrícola Panamericana. 46p
- HAGER, A.G. 1996. Weed Resistance to Herbicides. Weed Control Manual. vol. 30. p. 61-64
- HASSAN, E.; WEARING, A.H.; SWARBRICK, J.T. 1986. A review of sorghum pest. In: Foale, M.A.; Henzell, R.G. (eds.) 1986. Proc. 1st Aust. Sorghum Conf., Gatt, Queensland, Australia. s.p.
- HOUSE, L.R. 1985. A guide to sorghum breeding. 2nd edn: ICRISAT, India.

- ICA 1969. Control de malezas de sorgo. Hoja divulgativa No. 004. Inst. Colombiano Agropecuario, ICA, Bogotá, Colombia. s.p.
- KNAKE, E.L. 1996. Herbicide Safener. Weed Control Manual. vol. 30. p.77-78
- KNAKE, E.L. 1996. Field Corn. Weed Control Manual. vol. 30. p. 92-93
- MANN, J.A.; KIMBER, C.T.; MILLER, F.R. 1983. The origin and early cultivation of sorghums in Africa, *Bulletin*, no. 1454. Texas A & M University, College Station, Tex. USA.
- MAITI, R. 1986. Morfología, crecimiento y desarrollo del sorgo: Fac. Agron., Univ. Aut. Nuevo León, Méx.
- MERCADO, B. 1979. Introduction to Weed Science. Southeast Asian Regional Center for Graduate Study and Research in Agriculture. SEARCA, College, Laguna, Philippines. 291pp.
- MERO, H. 1997. Estrategias y Tácticas Para el Manejo de Malezas. Introducción a la Biología, Ecología y Manejo de Malezas. Editado por Abelino Pitty. Zamorano Academic Press, Zamorano, Honduras. p. 95-118
- NUÑEZ, R.D.; CASTILLO, A. 1995. El Mercado de maíz y sorgo en Honduras. Tegucigalpa, Hond. Secretaria de Recursos Naturales, Unidad de Planificación sectorial Agrícola (UPSA). 68p.
- PITTY, A. 1997. Herbicidas Aplicados al Suelo. Introducción a la Biología, Ecología y Manejo de Malezas. Editado por Abelino Pitty. Zamorano Academic Press, Zamorano, Honduras. p. 187-201.
- PITTY, A. y GODOY, G.C. 1997. Importancia y Características de las Malezas. Introducción a la Biología, Ecología y Manejo de Malezas. Editado por Abelino Pitty. Zamorano Academic Press, Zamorano, Honduras. p. 3-25
- PITTY, A. y MUÑOZ, R. 1991. Guía Práctica para el Manejo de Malezas. El Zamorano, Honduras: Escuela Agrícola Panamericana. 223p
- QUINBY, J.R.; KRAMER, N.W.; STEPHENS, J.C.; LAHIR, K-A.; KAPER, R.E. 1958. Grain sorghum production in Texas, *Texas A & M Agriculture Estation Bulletin*, no. 912. College Station, Tex., USA. s.p.
- RHONE POULENC, s.f.. Herbicida RPA 201772. Boletín Técnico. 17pp.
- WRAGE, L.J. 1996. Small grains. Weed Control Manual. vol. 30. p. 180-181

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Distribución de las parcelas experimentales en el campo, según la ubicación del lote experimental, en Zamorano, 1996.

Ubicación de las parcelas en el área de Las Vegas.

Vega I					
6	5 *	4	3	2	1
1m					
12	11	10 *	9	8	7
1 m					
18	17	16	15 *	14	13
1 m					
24	23	22	21	20 *	19
1 m					
30	29	28	27	26	25 *

Ubicación de las parcelas en el área de la Estación Experimental

Estación Experimental de Agronomía
Terraza 6

14	13	12	11	10 *	9	8	7	6	5 *	4	3	2	1
1m													
28	27	26	25 *	24	23	22	21	20 *	19	18	17	16	15 *

-* Indica el lugar de ubicación de testigos absolutos a los cuales no fue aplicado ningún tratamiento.

Los números corresponden al número de identificación de cada parcela en el campo.

Anexo 2. Fecha y tiempo de los riegos efectuados en cada parcela, en Zamorano, 1996.

Fecha del riego	Tiempo de riego
Las Vegas	
31 de octubre de 1996	0.33 hr
28 de noviembre de 1996	2.0 hr
19 de diciembre de 1996	2.0 hr
Estación Experimental	
12 de diciembre	2.5 hr
24 de diciembre	2.5 hr

Anexo 3. Segmentación de cada parcela experimental y dimensiones de las parcelas en el campo según su ubicación, en Zamorano, 1996.

Segmentación de cada parcela experimental

Sección de borde superior sin utilidad
Primera sección de
Segunda sección de
Tercera sección de muestreo
Sección de borde inferior sin utilidad

Dimensiones de las parcelas de Las Vegas

Ancho de la parcela experimental	3.2 m
Largo del borde superior	4.5 m
Largo primer segmento de muestreo	8 m
Largo segundo segmento de muestreo	8 m
Largo tercer segmento de muestreo	8 m
Largo del borde inferior	2 m
Espacio entre segmentos de muestreo	3 m

Dimensiones de las parcelas de la Estación Experimental

Ancho de la parcela experimental	3.2 m
Largo del borde superior	12 m
Largo primer segmento de muestreo	10 m
Largo segundo segmento de muestreo	10 m
Largo tercer segmento de muestreo	10 m
Largo del borde inferior	12 m
Espacio entre segmentos de muestreo	5 m

Anexo 4. Promedios de control de *Cyperus rotundus* con combinaciones de seis herbicidas, en Zamorano, 1996.

Tratamiento	Dosis (kg i.a. ha ⁻¹)	% de Control de <i>C. rotundus</i>	
		Las Vegas	Estación Experimental.
atrazina	1.25	0	77
atrazina+alaclor	1.25+1.0	12	0
atrazina+acetoclor	1.25+1.96	4	2
atrazina+metolaclor	1.25+2.0	19	16
atrazina+halosulfuron	1.25+0.053	81	11
atrazina+isoxasole	1.25+0.0375	4	27
atrazina+metolaclor+isoxasole	1.25+2.0+0.0375	8	7
atrazina+alaclor+isoxasole	1.25+1.0+0.0375	1	18
alaclor+halosulfuron	1.0+0.053	62	60
alaclor+isoxasole	1.0+0.0375	8	3
metolaclor+isoxasole	2.0+0.0375	13	12
metolaclor+halosulfuron	2.0+0.053	87	51
acetoclor+halosulfuron.	1.96+0.053	94	55
acetoclor+isoxasole	1.96+0.0375	10	22
isoxasole+halosulfuron	0.0375+0.053	89	65
alaclor	1.0	24	79
metolaclor	2.0	13	7
acetoclor	1.96	19	6
isoxasole	0.0375	0	13
halosulfuron	0.053	82	61
isoxasole min	0.01875	6	
isoxasole max.	0.0563	9	
halosulfuron. max.	0.085	96	
X		36%	31%
C.V.		47%	100%

Anexo 5. Promedios de control de *Melampodium divaricatum* con combinaciones de seis herbicidas, en Zamorano, 1996.

Tratamiento	Dosis (kg i.a. ha ⁻¹)	% de Control de <i>M. divaricatum</i>	
		Las Vegas	Estación Experimental.
atrazina	1.25	100	97
atrazina+alaclor	1.25+1.0	99	98
atrazina+acetoclor	1.25+1.96	96	100
atrazina+metolaclor	1.25+2.0	100	99
atrazina+halosulfuron	1.25+0.053	100	99
atrazina+isoxasole	1.25+0.0375	99	99
atrazina+metolaclor+isoxa sole	1.25+2.0+0.0375	96	99
atrazina+alaclor+isoxasole	1.25+1.0+0.0375	99	99
alaclor+halosulfuron	1.0+0.053	97	95
alaclor+isoxasole	1.0+0.0375	99	99
metolaclor+isoxasole	2.0+0.0375	92	98
metolaclor+halosulfuron	2.0+0.053	82	90
acetoclor+halosulfuron.	1.96+0.053	99	98
acetoclor+isoxasole	1.96+0.0375	99	98
isoxasole+halosulfuron	0.0375+0.053	100	88
alaclor	1.0	70	98
metolaclor	2.0	79	82
acetoclor	1.96	88	99
isoxasole	0.0375	96	92
halosulfuron	0.053	92	96
isoxasole min	0.01875	88	
isoxasole max.	0.0563	96	
halosulfuron. max.	0.085	99	
X		96%	97%
C.V.		20%	22%

Anexo 6. Promedios de control de *Portulaca oleracea* con combinaciones de seis herbicidas, en Zamorano, 1996.

Tratamiento	Dosis (kg i.a. ha ⁻¹)	% de Control de <i>P. oleracea</i> Las Vegas
atrazina	1.25	100
atrazina+alaclor	1.25+1.0	100
atrazina+acetoclor	1.25+1.96	100
atrazina+metolaclor	1.25+2.0	100
atrazina+halosulfuron	1.25+0.053	100
atrazina+isoxasole	1.25+0.0375	100
atrazina+metolaclor+isoxasole	1.25+2.0+0.0375	100
atrazina+alaclor+isoxasole	1.25+1.0+0.0375	100
alaclor+halosulfuron	1.0+0.053	61
alaclor+isoxasole	1.0+0.0375	100
metolaclor+isoxasole	2.0+0.0375	100
metolaclor+halosulfuron	2.0+0.053	100
acetoclor+halosulfuron.	1.96+0.053	99
acetoclor+isoxasole	1.96+0.0375	96
isoxasole+halosulfuron	0.0375+0.053	100
alaclor	1.0	75
metolaclor	2.0	79
acetoclor	1.96	85
isoxasole	0.0375	96
halosulfuron	0.053	92
isoxasole min	0.01875	100
isoxasole max.	0.0563	100
halosulfuron. max.	0.085	99
X		96%
C.V.		18%

Anexo 7. Promedios de control de *Tithonia tubaeformis* con combinaciones de seis herbicidas, en Zamorano, 1996.

Tratamiento	Dosis (kg i.a. ha ⁻¹)	% de Control de <i>T. tubaeformis</i> Las Vegas
atrazina	1.25	24
atrazina+alaclor	1.25+1.0	82
atrazina+acetoclor	1.25+1.96	55
atrazina+metolaclor	1.25+2.0	18
atrazina+halosulfuron	1.25+0.053	19
atrazina+isoxasole	1.25+0.0375	47
atrazina+metolaclor+isoxasole	1.25+2.0+0.0375	49
atrazina+alaclor+isoxasole	1.25+1.0+0.0375	48
alaclor+halosulfuron	1.0+0.053	43
alaclor+isoxasole	1.0+0.0375	37
metolaclor+isoxasole	2.0+0.0375	80
metolaclor+halosulfuron	2.0+0.053	41
acetoclor+halosulfuron.	1.96+0.053	48
acetoclor+isoxasole	1.96+0.0375	54
isoxasole+halosulfuron	0.0375+0.053	73
alaclor	1.0	92
metolaclor	2.0	45
acetoclor	1.96	89
isoxasole	0.0375	57
halosulfuron	0.053	83
X		57%
C.V.		57%

Anexo 9. Promedios de control de *C. rotundus*, *M. divaricatum* y *P. oleracea* en Las Vegas y promedios de control de *C. rotundus*, *M. divaricatum* y *T. tubaeformis* en la Estación Experimental, con combinaciones de seis herbicidas, en Zamorano, 1996.

Tratamiento	Dosis (kg i.a. ha ⁻¹)	Promedio en % de Control	
		Las Vegas	Estación Experimental.
atrazina	1.25	66	69
atrazina+alaclor	1.25+1.0	70	74
atrazina+acetoclor	1.25+1.96	63	70
atrazina+metolaclor	1.25+2.0	73	65
atrazina+halosulfuron	1.25+0.053	93	59
atrazina+isoxasole	1.25+0.0375	68	73
atrazina+metolaclor+isoxa sole	1.25+2.0+0.0375	64	71
atrazina+alaclor+isoxasole	1.25+1.0+0.0375	66	72
alaclor+halosulfuron	1.0+0.053	68	74
alaclor+isoxasole	1.0+0.0375	68	66
metolaclor+isoxasole	2.0+0.0375	68	76
metolaclor+halosulfuron	2.0+0.053	84	68
acetoclor+halosulfuron.	1.96+0.053	96	77
acetoclor+isoxasole	1.96+0.0375	64	71
isoxasole+halosulfuron	0.0375+0.053	96	74
alaclor	1.0	54	90
metolaclor	2.0	46	56
acetoclor	1.96	63	77
isoxasole	0.0375	64	59
halosulfuron	0.053	70	81
isoxasole min	0.01875	65	
isoxasole max.	0.0563	68	
halosulfuron. max.	0.085	79	
X		70%	71%
C.V.		11%	13%

Anexo 10. Densidades de plantas ha⁻¹ con combinaciones de seis herbicidas, en Zamorano, 1996.

Tratamiento	Dosis (kg i.a. ha ⁻¹)	Densidades en plantas ha ⁻¹ de los diferentes tratamientos	
		Las Vegas	Estación Experimental.
atrazina	1.25	202778	161111
atrazina+alaclor	1.25+1.0	125000	136111
atrazina+acetoclor	1.25+1.96	194444	125000
atrazina+metolaclor	1.25+2.0	159722	138889
atrazina+halosulfuron	1.25+0.053	172222	138889
atrazina+isoxasole	1.25+0.0375	59722	127778
atrazina+metolaclor+isoxa sole	1.25+2.0+0.0375	91667	113889
atrazina+alaclor+isoxasole	1.25+1.0+0.0375	87500	113889
alaclor+halosulfuron	1.0+0.053	170833	141667
alaclor+isoxasole	1.0+0.0375	147222	100000
metolaclor+isoxasole	2.0+0.0375	124306	122222
metolaclor+halosulfuron	2.0+0.053	136111	138889
acetoclor+halosulfuron.	1.96+0.053	125000	108333
acetoclor+isoxasole	1.96+0.0375	79167	127778
isoxasole+halosulfuron	0.0375+0.053	134722	116667
alaclor	1.0	136111	175000
metolaclor	2.0	187500	136111
acetoclor	1.96	154167	100000
isoxasole	0.0375	154167	158333
halosulfuron	0.053	150000	130556
Deshierba		173611	119444
isoxasole min	0.01875	172222	
isoxasole max.	0.0563	154167	
halosulfuron. max.	0.085	154167	
X		148380	133102
C.V.		19%	18%

Anexo 11. Rendimiento de seis combinaciones herbicidas, en Zamorano, 1996.

Tratamiento	Dosis (kg i.a. ha ⁻¹)	Rendimiento en kg ha ⁻¹ de los diferentes tratamientos.	
		Las Vegas	Estación Experimental.
atrazina	1.25	4136	2702
atrazina+alaclor	1.25+1.0	2901	2489
atrazina+acetoclor	1.25+1.96	4333	2208
atrazina+metolaclor	1.25+2.0	4667	3070
atrazina+halosulfuron	1.25+0.053	4772	2943
atrazina+isoxasole	1.25+0.0375	1437	2496
atrazina+metolaclor+isoxa sole	1.25+2.0+0.0375	2972	1698
atrazina+alaclor+isoxasole	1.25+1.0+0.0375	2052	1395
alaclor+halosulfuron	1.0+0.053	4274	1718
alaclor+isoxasole	1.0+0.0375	3756	2573
metolaclor+isoxasole	2.0+0.0375	2739	1899
metolaclor+halosulfuron	2.0+0.053	4342	1786
acetoclor+halosulfuron.	1.96+0.053	3669	2264
acetoclor+isoxasole	1.96+0.0375	2300	1077
isoxasole+halosulfuron	0.0375+0.053	2764	1274
alaclor	1.0	3118	2068
metolaclor	2.0	3254	2340
acetoclor	1.96	2465	1437
isoxasole	0.0375	2554	1496
halosulfuron	0.053	2348	2759
isoxasole min	0.01875	2196	
isoxasole max.	0.0563	3025	
halosulfuron. max.	0.085	4798	
Testigo absoluto		1382	1773
Deshierba		5749	1107
X		3045	2026
C.V.		23%	

Anexo 8. Gráfico de precipitación en mm de lluvia, desde el 14 de octubre de 1996 hasta el 24 de marzo de 1997, en Zamorano.