
UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

**CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS
BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS**



**EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD BIOLÓGICA DEL
HERBICIDA 2,4-D PARA EL CONTROL DE MALEZA DE
HOJA ANCHA EN EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR
(*Saccharum officinarum* L.)
EN JALISCO, MÉXICO**

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO
P R E S E N T A
OCTAVIO ALONSO CHÁVEZ GONZÁLEZ
LAS AGUJAS, ZAPOPAN, JAL., DICIEMBRE DE 2003



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS
BIOLOGICAS Y AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERO AGRONOMO
COMITE DE TITULACION

ING. ELENO FELIX FREGOSO
DIRECTOR DE LA DIVISION DE CIENCIAS AGRONOMICAS
PRESENTE

Con toda atención nos permitimos hacer de su conocimiento, que habiendo sido aprobada la modalidad de titulación: TESIS con el título:

" EVALUACION DE LA EFECTIVIDAD BIOLOGICA DEL HERBICIDA 2,4-D PARA EL CONTROL DE MALEZA DE HOJA ANCHA EN EL CULTIVO DE CAÑA DE AZUCAR (*Saccharum officinarum* L.) EN JALISCO, MEXICO "

El cual fue presentado por él (los) pasante(s):

OCTAVIO ALONSO CHAVEZ GONZALEZ

El Comité de Titulación, designó como director y asesores, respectivamente, a los profesores:

DR. ENRIQUE PIMIENTA BARRIOS
ING. NICOLAS SOLANO VAZQUEZ
ING. BENITO MONROY REYES

DIRECTOR
ASESOR
ASESOR

Una vez concluido el trabajo de titulación, el Comité de Titulación designó como sinodales a los profesores:

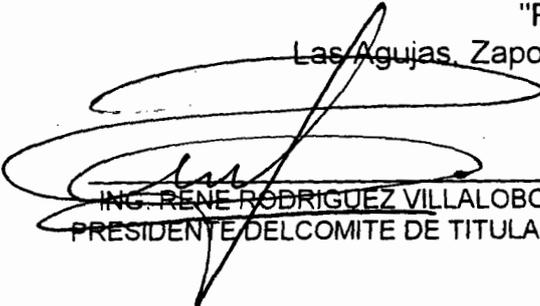
M.C. CARLOS MANUEL DURAN MARTINEZ
M.C. RAMON RODRIGUEZ RUVALCABA
ING. BENITO MONROY REYES

PRESIDENTE
SECRETARIO
VOCAL

Se hace constar que se han cumplido los requisitos que establece la Ley Orgánica de la Universidad de Guadalajara, en lo referente a la titulación, así como el Reglamento del Comité de Titulación.

ATENTAMENTE
"PIENSA Y TRABAJA"

Las Agujas, Zapopan, Jal. a 11 de diciembre de 2003.


ING. RENE RODRIGUEZ VILLALOBOS
PRESIDENTE DEL COMITE DE TITULACION


M.C. SALVADOR GONZALEZ LUNA
SRIO. DEL COMITE DE TITULACION

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Guadalajara, a la División de Ciencias Agronómicas del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, por darme la oportunidad de obtener una formación profesional.

Al Dr. Enrique Pimienta Barrios, por la dirección de este trabajo y por el apoyo que me brindó.

A mis asesores; Ing. Nicolás Solano Vázquez e Ing. Benito Monroy Reyes por su apoyo y asesoría en la culminación de este trabajo.

A mis maestros

A mis compañeros de escuela

Y a todas aquellas personas que de una u otra manera hicieron posible la realización de este trabajo.

DEDICATORIAS

A la persona que por su dedicación y esfuerzo hizo posible no solo la culminación de esta Carrera Universitaria, sino la voluntad para seguir adelante en la vida:

Mi madre; Sra. Ma. Ascensión González Saíinz

A mis hermanos: Gustavo, Gabriela Lourdes, Jorge Horacio, Georgina y Ricardo, quienes con su apoyo y cariño lograron que alcanzara esta meta.

A mis querido ausentes, que en gloria de Dios estén: Mi Padre, Eleuterio Chávez R., mi Abuelita, Ma. Concepción Saíinz A., a mi Tío, Heliodoro González S.

A mis familiares, que han sabido estar conmigo en las buenas y en las malas lo que me ha servido para seguir adelante.

A todos mis seres queridos por su amor y cariño

CONTENIDO

Índice de figuras	iv
Índice de cuadros	v
RESUMEN	vii
INTRODUCCIÓN	1
Objetivos e hipótesis	3
REVISIÓN DE LITERATURA	4
El cultivo de la caña de azúcar en México	4
Descripción taxonómica y origen de la caña de azúcar	4
Sistemática de la planta	5
Composición de la caña de azúcar	5
Constituyentes de la caña	6
Fisiología de la caña de azúcar	7
Interacción maleza/cultivo (Competencia).....	10
Efecto del estrés ambiental sobre las interacciones maleza/cultivo	12
Competencia por agua	14
Competencia por nutrientes y pH del suelo	18
Competencia por luz	20
Importancia de la luz para las plantas	21
Efectos de la cantidad de la luz	22
Cantidad de luz en el follaje	22
Efecto de la luz sobre plantas individuales	18

Efectos de la cantidad de luz sobre la asociación de cultivo/maleza	19
Efecto de la calidad de la luz	25
Cambiando el medio ambiente de la luz	25
Efecto de la temperatura y estrés de temperaturas	27
Principales especies de maleza presentes en el cultivo de caña de azúcar	28
Descripción del herbicida 2,4-D	30
Información básica	30
MATERIALES Y MÉTODOS	35
Ubicación del sitio experimental	35
Estado fenológico del cultivo	35
Formulación del herbicida	35
Tratamientos	35
Diseño experimental	36
Distribución de tratamientos en el campo	36
Método y equipo de aplicación de herbicidas	36
Parámetros de medición para la efectividad biológica y fitotoxicidad al cultivo	37
Evaluación visual del control de especies (Cualitativa)	37
Evaluación cuantitativa (conteos de especies)	37
Evaluación de la fitotoxicidad al cultivo	37
Análisis de la información	37
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39

Control de especies de hojas anchas (dicotiledóneas)	39
Toxicidad al cultivo	44
CONCLUSIONES	45
BIBLIOGRAFÍA	46

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág
Figura No. 1 Sacarosa	6
Figura No. 2 Procesos fisiológicos en la caña de azúcar	8
Figura No. 3 Metabolismo de fijación de carbono en caña de azúcar	9
Figura No. 4 Molécula química del herbicida 2,4-D	30

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág
Cuadro No. 1. Principales especies de maleza de hoja ancha asociadas al cultivo de caña de azúcar en Jalisco	29
Cuadro No. 2. Principales especies de maleza de hoja angosta asociadas al cultivo de caña de azúcar en Jalisco	29
Cuadro No. 3. Sensibilidad de organismos al 2,4-D	34
Cuadro No. 4. Tratamientos	36
Cuadro No. 5. Distribución de tratamientos en el campo	36
Cuadro No. 6. Composición de especies de hoja ancha e importancia relativa en la comunidad de maleza en el cultivo de caña de azúcar. CIPV. 1999	39
Cuadro No. 7. Porcentaje de control visual por especie de maleza de hoja ancha a los 10 días después de la aplicación de los tratamientos herbicidas posemergentes en caña de azúcar. CIPV. 1999	40
Cuadro No. 8. Porcentaje de control visual por especie de maleza de hoja ancha a los 20 días después de la aplicación de los tratamientos herbicidas posemergentes en caña de azúcar. CIPV. 1999.....	41
Cuadro No. 9. Porcentaje de control visual por especie de maleza de hoja ancha a los 40 días después de la aplicación de los tratamientos herbicidas posemergentes en caña de azúcar. CIPV. 1999.	42
Cuadro No. 10. Porcentaje de control total de especies de maleza de hoja	

ancha a los 10, 20 y 40 días después de la aplicación de los tratamientos herbicidas posemergentes en caña de azúcar. CIPV. 1999.	42
Cuadro No. 11. Número de especie de maleza de hoja ancha presentes/0.25 m ² después de la aplicación de los tratamientos herbicidas posemergentes en caña de azúcar a los 10 d.d.a. CIPV. 1999.	43
Cuadro No. 12. Número de especie de maleza de hoja ancha presentes/0.25 m ² después de la aplicación de los tratamientos herbicidas posemergentes en caña de azúcar a los 20 d.d.a. CIPV. 1999.	43
Cuadro No. 13. Número de especie de maleza de hoja ancha presentes/0.25 m ² después de la aplicación de los tratamientos herbicidas posemergentes en caña de azúcar a los 40 d.d.a. CIPV. 1999.	44

RESUMEN

La presencia de especies de maleza en el cultivo de caña de azúcar de no ser controladas en forma oportuna y eficaz, pueden causar una fuerte pérdida de rendimiento del cultivo. En parte por lo anterior y además de la especificidad de algunos herbicidas en control de cierto número de especies, surge la necesidad de evaluar continuamente la eficacia biológica de nuevas formulaciones de herbicidas sobre el control de especies de maleza, seguridad al cultivo y su persistencia activa como se plantea el objetivo en este estudio. Los objetivos del presente trabajo fue evaluar la efectividad biológica del herbicida 2,4-D sobre el control de especies de maleza de hoja ancha anuales y la fitotoxicidad al cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.). El trabajo se llevó a cabo en el predio "Potrero La Gotera" del ejido de La Venta del Astillero, municipio de Zapopan, Jalisco en la zona cañera de influencia del ingenio de Tala, Jalisco durante el ciclo de temporal de primavera-verano de 1999. Se evaluaron cuatro tratamientos a base del herbicida 2,4-D, un testigo siempre limpio y un testigo absoluto (sin control de maleza). De acuerdo a los resultados obtenidos del presente ensayo y bajo las condiciones ambientales y de manejo del mismo los resultados obtenidos indicaron que el 2,4-D a las dosis de 720 y 960 gr. i.a./ha ejerció un control durante los primeros cuarenta días superior al 80% de *Tithonia tubaeformis* y *Amaranthus hybridus* resultando superior el control a tratamiento a base de 480 gr. i.a./ha. Las especies *Bidens pilosa*, *Simsia* sp. y *Sicyos angulatus* presentaron mayor tolerancia a la acción de los tratamientos a base de 2,4-D. Sin embargo, los tratamientos a base de 720 y 960 gr. i.a./ha ejercieron un control superior al 80% únicamente durante los primeros 20 días posteriores a la aplicación, ya posteriormente su control disminuyó en especial a la dosis de 480 gr. i.a./ha. El 2,4-D a la dosis de 480 gr. i.a./ha no resultó suficiente para el control de especies de hoja ancha que presentaron una altura superior a los 25 cm al momento de la aplicación y en especial en especies como *Bidens pilosa*, *Simsia* sp. y *Sicyos angulatus*. Ninguno de los tratamientos a base del herbicida 2,4-D aplicados en posemergencia ocasionaron síntomas de toxicidad en plantas de caña de azúcar.

INTRODUCCIÓN

La teoría de la selección natural establece que los organismos vivos compiten por recursos limitados. Aquellos individuos con fenotipos que les permite obtener más eficientemente los recursos limitados y transmitirlos a sus descendientes, se favorecerán a través del tiempo y serán seleccionados con el mismo propósito. La maleza interactúa con los cultivos en varias formas (Radosevich y Holt, 1984; Kropff, 1993). La maleza puede fungir como huésped alterno de nemátodos, insectos destructivos, y patógenos causantes enfermedades en plantas, o pueden también fungir como huéspedes alternos de insectos benéficos (Patterson, 1995). La maleza también puede interferir con los cultivos a través de los procesos de alelopatía. Sin embargo, el impacto negativo primario de la maleza sobre el desarrollo y rendimiento de los cultivos es a través de la competencia por los recursos ambientales limitados de los cuales depende el desarrollo de las plantas (Patterson, 1995). En el caso de las plantas, la competencia entre vecinos por la luz solar, agua, y nutrientes influye en los patrones de desarrollo y reproducción (Harper, 1977). La competencia por luz resulta del sombreado, el cual puede alterar la morfología, y por lo tanto la competencia por agua y nutrientes que ocurre en el suelo, y los efectos de tal competencia se puede también reflejar con cambios en la morfología aérea y en el crecimiento.

La presencia de especies de maleza en el cultivo de caña de azúcar de no ser controladas en forma oportuna y eficaz, pueden causar una fuerte pérdida de rendimiento del cultivo. La maleza compete directamente con la caña de azúcar por el agua, nutrientes (fertilizantes) y luz y puede ocasionar pérdidas de rendimiento cuando se deja competir libremente con el cultivo. Los efectos de competencia que ocasiona la presencia de maleza son aún más fuertes en el cultivo bajo condiciones de temporal, ya que el agua es el factor más limitante, y en consecuencia se agudiza la competencia por éste recurso.

De ahí, que el manejo de la maleza en un cultivo puede representar el mayor costo de producción de algunos cultivos. Sin embargo también se debe de considerar que el incremento en los costos de los herbicidas, equipo, diesel mano de obra hace del manejo y control de la maleza más costoso. Por otra parte, las preocupaciones sobre el impacto de estos en el ambiente, tales como la contaminación de mantos freáticos, el impacto en la salud humana y residuos de los mismos en la cadena alimenticia entre otros, puntualizan la necesidad de reducir el uso de herbicidas (Barbour y Bridges, 1995)

En la actualidad, los herbicidas son la herramienta primaria que se utiliza para el control de especies de maleza en el cultivo de caña de azúcar. Sin embargo, se deberá de tomar en cuenta que no son el único método mediante la cual podemos controlar la maleza ya que también existen las prácticas culturales las cuales ofrecen una mayor seguridad al ambiente y la salud humana (Pleasant *et al.*, 1994). En parte por lo anterior y además de la especificidad de algunos herbicidas en control de cierto número de especies, surge la necesidad de evaluar continuamente la eficacia biológica de nuevas formulaciones de herbicidas sobre el control de especies de maleza, seguridad al cultivo y su persistencia activa como se plantea el objetivo en este estudio.

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

Objetivos:

- Evaluar la eficacia biológica del herbicida 2,4-D sobre el control de las especies de maleza de hoja ancha asociadas al cultivo de caña de azúcar.
- Evaluar el efecto tóxico en caña de azúcar
- Determinar la(s) dosis óptima(s) en la aplicación posemergente del herbicida 2,4-D para el control de maleza en el cultivo de caña de azúcar.

Hipótesis:

- El herbicida 2,4-D aplicado en posemergencia ejerce un espectro amplio de acción sobre las especies de maleza anual de hoja ancha asociadas al cultivo de la caña de azúcar.
- Las diferentes especies de maleza asociadas al cultivo de la caña de azúcar presentan susceptibilidad diferencial al control del herbicida 2,4-D.
- La planta de caña de azúcar presenta tolerancia a la acción del herbicida 2,4-D

REVISIÓN DE LITERATURA

El cultivo de la caña de azúcar en México

En México se siembran aproximadamente 700,000 has. de caña de azúcar tanto en condiciones de riego como de temporal con un rendimiento promedio de nacional de 74.87 ton/ha. En el área de influencia del Ingenio José María Martínez de Tala, Jalisco se siembran aproximadamente 25,000 has de temporal (5 cortes) y de riego (8 cortes) con un rendimiento promedio de 74 ton/ha (inédito). Las variedades más comunes en el área de influencia del Ingenio José María Martínez de Tala, Jalisco son; CP 72-2086; Méx. 57-473 y Méx. 80-1410 (inédito).

A continuación se describen los aspectos taxonómicos, biológicos y productivos más relevantes de la caña de azúcar de acuerdo a Perafán (2000):

Descripción taxonómica y origen de la caña de azúcar

En el desarrollo de la industria azucarera, las variedades comerciales de caña que han contribuido a destacar la importancia de esta rama en la economía de los países, pertenecen básicamente a especies e híbridos del género *Saccharum* (Sánchez, 1972). La planta de la caña de azúcar pertenece a la familia de las gramíneas, del género *Saccharum*. Las variedades cultivadas son híbridos de la especie *officinarum* y otras afines (*spontaneum*). Procede del Extremo Oriente, de donde llegó a España en el siglo IX. España la llevó a América en el siglo XV. Es un cultivo plurianual. Se corta cada 12 meses, y la plantación dura aproximadamente 5 a 8 años. Tiene un tallo macizo de 2 a 5

metros de altura con 5 ó 6 cm de diámetro. El sistema radical lo compone un robusto rizoma subterráneo; puede propagarse por estos rizomas y por trozos de tallo.

Sistemática de la planta

Reino:	Vegetal
División:	Espermatofitas o fanerógamas
Sub-División:	Angiospermas
Clase:	Monocotiledóneas
Orden:	Zacates o Gluminifloras
Familia:	Gramínea.
Sub-familia:	Panicoideae.
Tribu:	Andropogoneae
Sub-tribu:	Sacarineas
Género:	<i>Saccharum</i>
Especie:	spp.

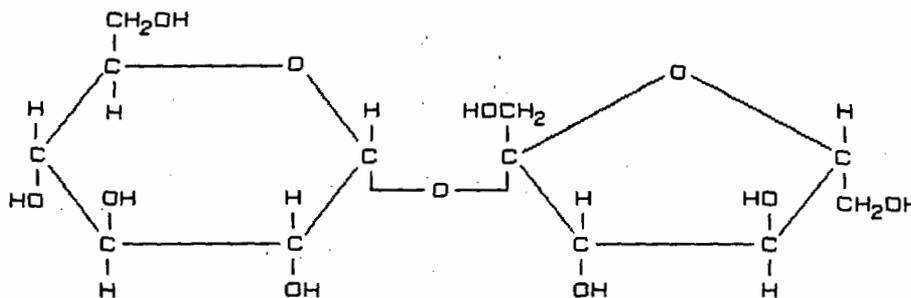
Composición de la caña de azúcar

La caña tiene una riqueza de sacarosa del 14% aproximadamente, aunque varía a lo largo de toda la recolección. El azúcar es un endulzante de origen natural, sólido, cristalizado, constituido esencialmente por cristales sueltos de sacarosa obtenidos a partir de la caña de azúcar o de la remolacha azucarera mediante procedimientos industriales apropiados (Sánchez, 1972; Perafán, 2000).

El azúcar es sacarosa, un carbohidrato de origen compuesto por carbono, oxígeno e hidrógeno (carb-o-hidr-ato). Los azúcares blancos son alimentos muy puros con más del 99% de sacarosa. Los azúcares crudos poseen un contenido algo menor de sacarosa (> 94%) pues conservan aún parte de la miel a partir de la cual fueron fabricados (Perafán, 2000; Lingle, 1994).

Constituyentes de la caña

La caña de azúcar está compuesta por una parte sólida llamada fibra y una parte líquida, el jugo, que contiene agua y sacarosa. En ambas partes también se encuentran otras sustancias en cantidades muy pequeñas. La sacarosa es la forma básica de la energía en el reino vegetal. Las plantas convierten el agua y el dióxido de carbono (que es un contaminante del aire) en sacarosa, utilizando la energía del sol en el proceso de fotosíntesis. La sacarosa de la caña de azúcar es un disacárido natural formado por los monosacáridos glucosa y fructosa.



SACAROSA (β -D-fructofuranosil- α -D-glucopiranosida)

Figura No. 1 Estructura química de la sacarosa

Las proporciones de los componentes varían de acuerdo con la variedad (familia) de la caña, edad, madurez, clima, suelo, método de cultivo, abonos, lluvias, riegos, etc. Sin embargo, unos valores de referencia general pueden ser:

Agua: 73 - 76 %

Sacarosa: 8 - 15 %

Fibra: 11 - 16 %

La sacarosa del jugo es cristalizada en el proceso como azúcar y la fibra constituye el bagazo una vez molida la caña.

Otros constituyentes de la caña presentes en el jugo son:

Glucosa: 0,2 - 0,6 %

Fructosa: 0,2 - 0,6 %F

Sales: 0,3 - 0,8 %

Ácidos orgánicos: 0,1 - 0,8 %

Otros: 0,3 - 0,8 %

Fisiología de la caña de azúcar

El desarrollo de la caña de azúcar depende en gran medida de la luz del sol, razón por la cual su cultivo se realiza en las zonas tropicales que poseen un brillo solar alto y prolongado. La clorofila existente en las células de las hojas de la caña absorbe la energía de la luz solar [1], la cual sirve como combustible en la reacción entre el dióxido de carbono que las hojas toman del aire [2] y el agua que junto con varios minerales las raíces sacan de la tierra [3], para formar sacarosa [4] que se almacena en el tallo y constituye la reserva

alimenticia de la planta, a partir de la cual fabrican otros azúcares, almidones y fibra [5] (Figura 2):

Dióxido de carbono + agua = sacarosa + oxígeno.

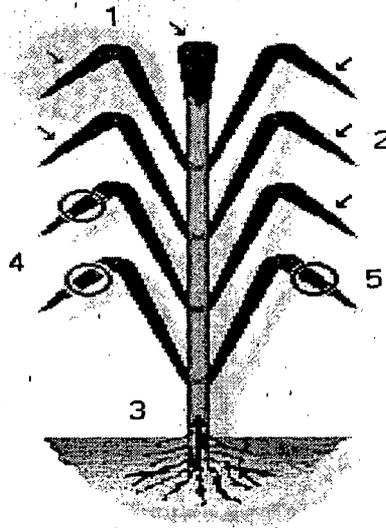
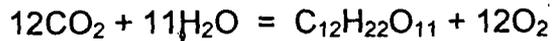


Figura No. 2. Procesos fisiológicos en la caña de azúcar

La caña de azúcar se encuentra dentro del grupo más eficiente de convertidores de la energía solar que existen. Algunas plantas han desarrollado un proceso previo al Ciclo de Calvin (el cual se conoce como metabolismo C-3), este preproceso se conoce como C-4. Mientras la mayor parte de la fijación del carbono inicia con la molécula Ribulosa bifosfato carboxilasa/oxigenasa (conocida como Rubisco), el metabolismo C-4 inicia con una nueva molécula, Fosfoenol piruvato carboxilasa (FEP), un químico de 3-carbonos que es convertido a ácido oxalacético (AOA, una molécula química de 4-carbonos) cuando el CO_2 se combina con FEP. El AOA es convertido a Ácido málico y posteriormente transportado desde las células del mesófilo a las células del haz

de vaina, donde el AOA es descompuesto en FEP más dióxido de carbono (CO_2). El CO_2 posteriormente entra al Ciclo de Calvin, con la molécula de FEP regresándose a las células del mesófilo. Estos azúcares resultantes son ahora unidos a las venas de las hojas y rápidamente pueden ser transportados a través de la planta, como a continuación se describe en la siguiente Figura 3:



Figura No. 3. Metabolismo de fijación de carbono en caña de azúcar

Las plantas son los únicos organismos fotosintéticos que poseen hojas (no todas las plantas poseen hojas). Una hoja se puede considerar como un colector lleno de células fotosintéticas.

Los materiales para la fotosíntesis, agua y dióxido de carbono, entran a las células de la hoja, y los productos de la fotosíntesis, como azúcares y oxígeno, abandonan la hoja (Salisbury y Ross, 1992).

Interacción maleza – cultivo (Competencia)

La maleza interactúa con los cultivos en varias formas. Pueden servir como huéspedes alternos para nematodos, insectos destructivos, enfermedades vegetales, o pueden también servir como reservorios de insectos benéficos. La maleza puede interferir con el desarrollo de los cultivos a través de los procesos de alelopatía. Sin embargo, el principal impacto negativo de la maleza sobre el desarrollo y rendimiento de los cultivos es a través de la competencia por los recursos ambientales limitantes sobre los cuales depende el crecimiento de las plantas. La competencia ocurre cuando la disponibilidad de un recurso no es adecuada para satisfacer las demandas combinadas de organismos vecinos y cuando las demandas de un vecino limitan el abastecimiento a otro (Kropff, 1993).

Los principales factores en la competencia vegetal son el agua, luz, y nutrientes minerales, siendo su importancia generalmente en el orden dado. La competencia empieza cuando la disponibilidad de cualquiera de estos está por debajo de los requerimientos de ambas plantas. Así de esta forma, si existe una abundancia de nutrientes y agua, la luz puede ser un factor crítico o bien puede haber una suficiencia de agua y luz para las dos plantas en competencia pero una deficiencia de nutrientes, puede ser el factor en competencia; o la competencia puede ser únicamente por agua cuando la luz y los nutrientes están en cantidades disponibles (Kropff, 1993; Patterson, 1995).

De igual forma se deberán de considerar otros factores biológicos que están interrelacionados con la competencia maleza/cultivo. Los factores biológicos que influyen en la competencia incluyen la especie de maleza y la densidad, la distribución espacial, y la duración del período de crecimiento tanto de la maleza como del cultivo. Sin embargo, estos factores son modificados por el estrés ambiental y físico- ambiental (Coble *et al.*, 1981). De ahí que sea importante tomar en consideración tanto los factores ambientales y las respuestas de los cultivos y maleza lo cual dará una respuesta satisfactoria de la explicación de causa y efecto. Para lograr un mejor entendimiento de estas respuestas, es necesario incluir en los estudios de competencia entre maleza/cultivo, mediciones de la temperatura del aire, evaporación, y radiación solar así como también algún indicador del estrés de humedad de la planta (Schreiber, 1982).

Inmediatamente después de la germinación una plántula deberá de llegar a ser independiente de los recursos derivados de la planta madre que están asociadas con la semilla. La plántula deberá de empezar a existir como un individuo y empezar a extraer de su medio los recursos necesarios para su vida. La habilidad de una planta para obtener la luz, agua y nutrientes para su desarrollo, generalmente determina el éxito de ese individuo en su ambiente. Los individuos con éxito se desarrollan rápidamente a través de los varios estados de su ciclo de vida y eventualmente son reemplazados en el ambiente por sus progenies (Grime, 1979).

La competencia entre plantas puede depender de muchas características tales como la morfología, su capacidad para extraer nutrientes o humedad del suelo, respuesta diferencial a las temperaturas o una variedad de otros factores. Sin embargo, la habilidad competitiva depende sobre la

capacidad de una planta para asimilar dióxido de carbono y usar los fotosintatos para desarrollar su follaje e incrementar su tamaño. Las plantas que fijan CO₂ a altas cantidades tienen una ventaja inicial que las convierte ya sea como cultivos de rendimiento muy alto o una maleza muy problemática (Black, *et al.*, 1968). Si las altas cantidades de fijación de CO₂ son combinadas con características como diseminación por componentes reproductivos radicales como estolones, rizomas, tubérculos, etc., o la producción de muchas semillas de fácil diseminación, dará como resultado una planta muy competitiva.

Las especies de maleza C-4 (eficientes) llegan a ser relativamente más competitivas conforme la intensidad de la luz se incrementa. Además, estas especies tienen una temperatura óptima alta para la fotosíntesis y así pueden ser más competitivas conforme a la temperatura se incrementa de 20 a 30° C o 40° C. Estas condiciones son comunes en muchas zonas agrícolas del país. Al medio día cuando la intensidad de luz y la temperatura alcanzan sus máximos valores las especies como el quelite *Amaranthus retroflexus* L. y el zacate Johnson *Sorghum halepense* (L.) Pers. fijan CO₂ a mucho mayor cantidad que algunos cultivos como la soya *Glycine Max* Merrill. y algodón *Gossypium hirsutum* L. En cultivos tales como el maíz *Zea mays* L., el cual pertenece al grupo de plantas eficientes, las malezas que carecen de la habilidad para fijar CO₂ (no eficientes) a grandes cantidades no serán tan competitivas como aquellas especies dentro del grupo eficiente (Black, *et al.*, 1968).

Es importante considerar que existe una productividad vegetal máxima bajo condiciones específicas de humedad, temperatura y condiciones nutricionales. La proporción de la productividad presente en el rendimiento del cultivo o de la maleza depende sobre la población y habilidad competitiva de

las especies de maleza y el cultivo. Si se retarda o impide el desarrollo de la maleza se incrementa la ventaja competitiva relativa del cultivo. Por ejemplo, en estudios realizados han reportado que los cultivos de maíz y soya infestados con zacate cola de zorra *Setaria faberij*, el incremento en la producción de materia seca de cola de zorra fue casi el equivalente a la reducción en el rendimiento de materia seca de estos cultivos. Por otra parte, el rendimiento total de materia seca del cultivo más el del zacate cola de zorra fue igual al rendimiento de materia seca obtenido del cultivo que se mantuvo libre de maleza (Knape y Slife, 1962).

Efecto del estrés ambiental sobre las Interacciones Maleza/Cultivo

Se deberán de considerar otros factores biológicos que están interrelacionados con la competencia maleza/cultivo. Los factores biológicos que influyen en la competencia incluyen la especie de maleza y la densidad, la distribución espacial, y la duración del período de crecimiento tanto de la maleza como del cultivo. Sin embargo, estos factores son modificados por el estrés ambiental. El estrés ambiental sobre las plantas ocurre cuando el nivel de una condición o la disponibilidad de un recurso ambiental afecta adversamente el crecimiento y desarrollo de una planta a través de algún proceso fisiológico o condición. Bajo condiciones normales de campo, el estrés ambiental impide a cualquier planta su máximo crecimiento fijado por su potencial hereditario o genotipo. El estrés ambiental afecta la susceptibilidad de la maleza a los insectos y enfermedades así como también al potencial alelopático, sin embargo, este capítulo estará enfocado únicamente al efecto del estrés ambiental sobre la competencia maleza/cultivo (Patterson, 1995).

Competencia por agua

La maleza compite con los cultivos por el agua y reduce la cantidad de agua disponible en el suelo para sostener el desarrollo y crecimiento de los cultivos, y por consiguiente contribuyen al estrés de humedad del cultivo. Las eficiencias en el uso de agua, las tasas de transpiración, y las respuestas a la reducción del agua disponible y estrés de agua, varía ampliamente entre especies de maleza y cultivos e influencia el proceso de la competencia maleza/cultivo (Knape y Slife, 1962).

En la actualidad existe un gran número de publicaciones con resultados tanto de campo como de laboratorio los cuales han resaltado los efectos de la disponibilidad de agua en la competencia maleza/cultivo. Por ejemplo, tal es el caso de un estudio llevado a cabo en invernadero, donde se comparo el crecimiento y habilidad competitiva del sorgo (*Sorghum vulgare* Pers., C₄), maíz (*Zea mays* L., C₄), y ocho especies de maleza a tres niveles de humedad del suelo. El maíz produjo la mayor biomasa, independientemente de la humedad del suelo. Entre las especies de maleza, aquellas especies que normalmente se desarrollan en regiones húmedas o cultivos de riego como *Xanthium strumarium* L., C₃, *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv., C₄, *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop., C₄ fueron más competitivas bajo condiciones húmedas. Las especies de maleza típicas de áreas secas *Kochia scoparia* (L.) Schrad., C₄ y *Salsola iberica* Sennen & Pau, C₄ fueron más competitivas bajo condiciones secas y se desarrollaron raquíticamente en competencia a altos niveles de humedad (Wiese y Vandiver, 1970).

Muchas especies de maleza presentan una menor sensibilidad en sus

estomas a la reducción del potencial de agua en la hoja que los cultivos con los cuales compiten. Si se combina esta característica con un sistema radical más extensivo y/o una mejor tolerancia fisiológica a la sequía, la maleza puede reducir rápidamente la disponibilidad de agua para el cultivo (Geddes *et al.*, 1979). Lógicamente que los efectos de la competencia por agua pueden variar en relación con las especies en consideración así como con los cultivos y sistemas de labranza (Patterson, 1995).

El estrés de agua o disponibilidad de humedad puede también influenciar la duración del período crítico de competencia. Por ejemplo, el período crítico de competencia para soya en competencia con poblaciones naturales de *Ambrosia artemisiifolia* L. fue de dos semanas en un año seco y de cuatro semanas en un año húmedo (Coble *et al.*, 1981).

El agua o la carencia de esta, es el factor ambiental más frecuentemente limitante del desarrollo de cultivos y de los rendimientos de éstos, aún en regiones templadas húmedas (Begg y Turner, 1976). El déficit de agua de la planta o estrés de agua ocurre cuando la pérdida de agua por transpiración excede la absorción de agua a través de la raíz. Esto induce una reducción del turgor de las células guarda, por lo tanto reduce la conductancia estomatal y la absorción de CO₂. El déficit de agua también reduce la fotosíntesis al interferir con la síntesis de clorofilas, el transporte de electrones, la fotofosforilización, y la síntesis y actividad de las enzimas carboxilasas. También se ve afectado el proceso de expansión de la hoja debido a su dependencia sobre el turgor positivo y el abastecimiento de asimilados por su sensibilidad al estrés de humedad (Patterson, 1995).

La maleza compite con los cultivos por el agua y reduce la cantidad de

agua disponible en el suelo para sostener el desarrollo y crecimiento de los cultivos y por consiguiente contribuyen al estrés de agua del cultivo. Las eficiencias en el uso de agua, las tasas de transpiración, y las respuestas a la reducción del agua disponible y estrés de agua, varía ampliamente entre especies de maleza y cultivos e influencia el proceso de la competencia maleza/cultivo. Habrá que resaltar que la competencia por agua por los cultivos también reduce la disponibilidad de humedad a la maleza asociada. La importancia de la competencia maleza/cultivo por agua o cualquier otro recurso, depende de las habilidades relativas de la maleza y el cultivo para obtener el recurso y tolerar un déficit del recurso (Radosevich y Holt, 1984).

La competencia por agua del suelo es especialmente crítica en zonas agrícolas con baja precipitación pluvial donde el agua del suelo es una limitante para la producción. Los requerimientos de agua de especies de maleza para producir un kilogramo de materia seca varían desde 300 a 1900 Kg (Patterson, 1995).

La cantidad y distribución de raíces en el suelo influyen la eficiencia de la planta para absorber agua y nutrientes del suelo (Kroff, 1993). Especies de maleza con un sistema radicular profundo y con sistemas densos de raíces laterales pueden explotar mejor el suelo que aquellas plantas con un sistema radicular somero y esparcido. Sin embargo, es conveniente enfatizar que las especies de maleza responden diferentemente a las condiciones de humedad presente en el suelo. Por ejemplo algunas especies de maleza que no se desarrollan bien bajo condiciones de humedad alta del suelo, tales como *Kochia scoparia* y *Salsola kali*, compiten mejor cuando existen condiciones bajas de humedad del suelo. Por el contrario, aquellas plantas que se desarrollan mejor bajo condiciones altas de humedad, tales como el zacate de

agua *Echinochloa crusgalli* y *Xanthium* sp., son competidores débiles bajo condiciones bajas de humedad del suelo. Sin embargo, existen también especies que se desarrollan igual ya sea en suelos que contienen humedad baja, media y/o alta como el caso de *Amaranthus palmeri* la cual es indiferente a la cantidad de humedad presente en el suelo.

La competencia por agua entre una especie de maleza y un cultivo puede inducir en éste último, una reducción de la presión de turgor y el potencial de agua de la hoja como una consecuencia de la baja tasa de transpiración y habilidad de la especie de maleza para extraer el agua del suelo a mayores profundidades y de esta forma la especie de maleza es menos afectada adversamente que un cultivo por la baja disponibilidad de agua (Stuart *et al.*, 1984).

Muchas especies de maleza presentan una menor sensibilidad en sus estomas a la reducción del potencial de agua en la hoja que los cultivos con los cuales compiten. Si se combina esta característica con un sistema radicular más extensivo y/o una mejor tolerancia fisiológica a la sequía, la maleza puede reducir rápidamente la disponibilidad de agua para el cultivo. Lógicamente que los efectos de la competencia por agua pueden variar en relación con las especies en consideración así como con los cultivos y sistemas de labranza (Patterson y Flint, 1980).

Cuando el potencial de rendimiento de un cultivo es limitado por la falta de agua, la competencia de la maleza por otros recursos tales como la luz o nutrientes tienen un menor efecto. También son importantes los diferenciales en el grado de crecimiento potencial y tolerancia al estrés. Obviamente el impacto competitivo se reducirá si el estrés de agua limita mayormente el

crecimiento de la maleza que al cultivo (Patterson, 1995).

También es importante recalcar que el impacto ocasionado por la competencia de maleza es grandemente influenciado por el momento en que se presente, el estrés durante el ciclo de desarrollo de la maleza y el cultivo. Los efectos diferenciales del estrés de agua sobre el desarrollo de los cultivos y maleza en competencia probablemente contribuyen para los efectos de la disponibilidad de agua sobre la duración del período crítico de competencia. Así de esta forma, las especies de maleza que compiten mejor en suelos húmedos son importantes en áreas húmedas. Las especies de maleza que compiten mejor en suelos secos son más importantes en áreas áridas. Por otra parte, las especies más problemáticas para la agricultura son aquellas especies de maleza que compiten fuertemente con los cultivos bajo diferentes regímenes de humedad del suelo (Wiese y Vandiver, 1970).

Competencia por nutrientes y pH del suelo

La disponibilidad de nutrientes en el suelo y el pH del suelo también afectan la competencia maleza/cultivo, a través de efectos diferenciales sobre el desarrollo. La competencia de especies de maleza con los cultivos por los nutrientes es una de las principales causas de la reducción de rendimientos en los cultivos. Cuando los nutrientes son limitantes se intensifica la competencia por la maleza así como también la reducción en rendimientos. La planta que presente la mayor habilidad para asegurar sus nutrientes posee la ventaja competitiva. Las especies de maleza generalmente son muy competitivas debido a que poseen una mayor habilidad para obtener los nutrientes del suelo y en consecuencia por lo general contienen una mayor cantidad de nutrientes esenciales por unidad de peso seco que los cultivos (Carlson y Hill, 1985).

La aplicación de altos niveles de fertilizantes puede incrementar el impacto de la maleza si se estimula mayormente el crecimiento de la maleza que el cultivo. Por ejemplo, la aplicación de un suplemento de fósforo incrementa la competencia de varias especies de maleza con el maíz. La aplicación de altos niveles de nitrógeno y potasio junto con aplicaciones suplementarias de fósforo no remedia los efectos negativos de la maleza sobre el cultivo. Generalmente el crecimiento de la maleza es muy pobre cuando existen bajas cantidades de fósforo disponibles en el suelo por lo que el maíz puede lograr mayores rendimientos sobre todo cuando esta en competencia con especies de maleza como *Chenopodium album* L. o *Amaranthus retroflexus* L. (Patterson, 1995).

En un estudio sobre los efectos de la fertilidad del suelo en trigo (*Triticum aestivum* L.), las menores poblaciones de maleza ocurrieron en un suelo el cual había sido continuamente sembrado con trigo y sin tratamiento de fertilizantes por un período de 47 años. La aplicación de cualquier suplemento de fertilizantes así como de cal agrícola incrementó la población de especies de maleza gramíneas. Generalmente las poblaciones de especies de hoja ancha se redujeron en los suelos tratados con N, P, K (Banks *et al.*, 1976).

La avena loca (*Avena fatua* L.) en competencia con trigo (*Triticum aestivum* L.) es estimulada por la aplicación de fertilizante nitrogenado en forma de sulfato de amonio a tal grado que se incrementa el impacto competitivo sobre el cultivo. Cuando las densidades de avena loca exceden 1.6% de la población total de maleza, la aplicación de fertilizante nitrogenado tiende a reducir el rendimiento del trigo como un resultado de una mayor competencia.

La ventaja de la especie de maleza aparentemente estuvo asociada a su mayor eficiencia en el uso del nitrógeno (Carlson y Hill, 1985).

El pH del suelo afecta significativamente el crecimiento y la competitividad potencial de la maleza y cultivos. Por ejemplo, la competitividad del maíz con la maleza aparentemente no es afectada en un rango del pH de 4.8 a 7.3 (Buchanan *et al.*, 1975; Weaver y Hamill, 1985).

Competencia por luz

En una condición potencial para la productividad vegetal, donde la luz, temperatura y las características morfológicas y fisiológicas determinan el crecimiento de una comunidad vegetal, las plantas solo compiten por el recurso luz. En los sistemas agrícolas donde otros factores como el nitrógeno o el agua limitan la producción de los cultivos, la maleza compite con el cultivo por luz así como también por los otros recursos. La disponibilidad del recurso luz varía fuertemente durante el día. Su intensidad varía y durante el día ocurren cambios muy rápidos por la presencia de nublados. El recurso luz no puede ser almacenado como tal en el sistema. La luz es un proceso instantáneo de captura y la eficiencia de su captura está relacionada a la interceptación de la luz y características de la especie (Kropff, 1993).

Energía lumínica es el recurso ambiental primario por el cual la maleza y los cultivos compiten. A diferencia de otros recursos ambientales tales como el agua, los nutrientes, o CO₂, no existen reservas de luz en el suelo, la atmósfera, el suelo o la planta. Un fotón de luz es ya sea capturado y convertido a energía química a través de la fotosíntesis o es disipado como calor. La competencia por luz o estrés por sombreado influye en la habilidad de las especies de maleza y

cultivos para competir por agua y nutrientes reduciendo la disponibilidad de fotosintatos para sostener el crecimiento radical (Kramer y kozlowski, 1979).

La competencia por luz puede ocurrir cuando la humedad y los nutrientes son adecuados para el desarrollo de una especie de cultivo. La luz en el ecosistema maleza/cultivo regula muchos aspectos del crecimiento de la maleza y el cultivo, del desarrollo y de la competencia. Los efectos de la luz tienen implicaciones tanto para la competencia entre maleza/cultivo así como para el manejo de la maleza (Paterson, 1985). Por ejemplo, las plantas responden a la calidad y fluctuaciones de la luz, por medio de lo cual se podría manejar el ambiente de la luz para favorecer los cultivos y desfavorecer a las especies de maleza (Casal y Smith, 1989).

Importancia de la luz para las plantas. Por ejemplo, muchas respuestas vegetales como el fototropismo y la fotomorfogénesis, responden a la luz en el rango de 10^{-5} a 10^{-10} W/m² (Watts/m²), lo cual es aproximadamente el límite de la visión humana. La inhibición de la floración en algunas especies se produce a una cantidad de luz de 10^{-2} a 10^{-3} W/m², un nivel similar al crepúsculo. El grado de fotosíntesis para la mayoría de las plantas cambia en un rango de radiación de desde 10^{-1} a 10^{-3} W/m², lo cual es aproximadamente entre el crepúsculo y la luz solar brillante. La luz controla muchos otros procesos de desarrollo así como también la dormancia y germinación de semillas. Además, el balance de energía de la planta es ampliamente determinado por la radiación (Holt, 1995).

Las respuestas de las plantas no son todas funciones de la cantidad de la energía de luz total. Las plantas responden a la cantidad de luz (incluyendo la duración), la calidad espectral de la luz, cambios o fluctuaciones en los

ambientes de la luz transitoria (mancha de luz) (Holt, 1995).

La importancia de la radiación en el balance de energía vegetal, y otras facetas del crecimiento y desarrollo necesita su medición y cuantificación. Por ejemplo, en los estudios de balance de energía se requiere la medición total de la energía incidente sobre la hoja, mientras los estudios sobre la fotosíntesis requiere mediciones de fotones de la Radiación Fotosintéticamente Activa (RFA, 400-700 nm) absorbida por la hoja. La intercepción de la luz en los follajes típicamente es medida utilizando sensores de radiación o mediante el uso de métodos fotográficos (Holt, 1995).

Efectos de la cantidad de luz en el follaje. La energía radiante incidente sobre una superficie o la irradiación, es determinada por el ángulo solar y el fotoperiodo, el cual varía con la latitud y estación, por el tiempo prevaleciente y por la hora del día. La presencia de hojas altera la cantidad, así como la distribución espectral, o calidad, de la luz debajo de estas. Para la mayoría de las plantas, el máximo desarrollo y grado de fotosíntesis ocurre en la luz total, y las cantidades se reducen conforme la luz se reduce. Muchas plantas poseen plasticidad para aclimatarse a condiciones reducidas de luz a través de la redistribución de la materia seca, alterando la anatomía de la hoja, reduciendo el grado de respiración, reduciendo la actividad enzimática, y reduciendo la capacidad de transporte de electrones (Holt, 1995; Patterson, 1995).

Los efectos de la cantidad de la luz han sido investigados en un gran número de especies de maleza y cultivos. La cantidad de luz interceptada es un determinante principal del crecimiento y rendimiento de los cultivos. Los cultivos son capaces fisiológicamente y genéticamente de una mayor productividad y

eficiencia fotosintética que la que se obtiene a nivel de campo, lo que viene a confirmar que la intercepción de la luz es un factor limitante. Los efectos de la disposición reducida de luz sobre el crecimiento de los cultivos sugieren que la manipulación del follaje para incrementar la cantidad de luz disponible puede incrementar el rendimiento de los cultivos (Bugbee y Salisbury, 1988).

Los cultivos y las especies de maleza muestran diferencias en el grado de tolerancia al sombreado. Por ejemplo, en una comparación de soya (*Glycine max.* L. Merr.) y las especies de maleza comúnmente asociadas a éste cultivo, *Solanum ptycanthum* Dum., *Xanthium strumarium* L., y *Amaranthus albus* L. fueron las más eficientes fotosintéticamente bajo condiciones de radiación baja debido a la combinación de adaptaciones morfológicas y fisiológicas. Muchas otras especies de maleza se aclimatan a los efectos de una baja radiación por medio de respuestas plásticas que reducen los efectos de sombreado limitantes del crecimiento y permiten la restauración de altos grados de fotosíntesis cuando la planta subsecuentemente es expuesta a la alta radiación (Regnier *et al.*, 1988).

Las especies de maleza no solo están altamente adaptadas a los ambientes con alta disposición de luz sino que también son más capaces de adaptarse a las variaciones extremas en el ambiente de la luz, particularmente en condiciones fuertes de sombreado. La plasticidad de las especies de maleza en la respuesta fotosintética al nivel de luz puede dar como resultado la sobrevivencia y reproducción de las mismas aún en condiciones extremadamente bajas de luz, de tal forma que será difícil el manejo del medio ambiente de la luz en un cultivo en el campo para manejar las especies de maleza (Holt, 1995).

Efectos de la cantidad de luz sobre la asociación cultivo/maleza. A las densidades a las cuales la mayoría de los cultivos son sembrados la competencia por luz es casi inevitable. La presencia de especies de maleza en un cultivo intensifica las condiciones limitantes de la luz. Entre otros aspectos, para mejorar la productividad de un cultivo en los ambientes limitados de luz es la selección de genotipos más competitivos con la maleza, tal vez a través de una mayor eficiencia en la utilización de la luz por el follaje del cultivo (Ort y Baker, 1988).

No obstante que muchos estudios han cuantificado los efectos de la competencia por luz entre cultivos y maleza, sólo pocos han examinado los mecanismos de estos efectos. Por ejemplo, en un estudio entre la avena loca (*Avena fatua* L.) y el trigo (*Triticum aestivum*) se demostró que la avena loca redujo la penetración de luz y crecimiento del trigo a través de un crecimiento mayor que el trigo. Sin embargo, cuando la avena loca fue cortada a la altura del trigo, la penetración de la luz fue similar tanto en la asociación avena loca/trigo como en donde únicamente se desarrolló el trigo sólo (Cudney *et al.*, 1991). En este mismo estudio se demostró que cuando la avena loca se sembró a baja densidad la interferencia fue debido a una reducción del área foliar del trigo en los estados tempranos de desarrollo, mientras que cuando se sembró a altas densidades se redujo la penetración de la luz a las hojas del trigo en estados de desarrollo avanzados.

Este y otros resultados de investigación demuestran que la arquitectura de la parte aérea del cultivo y la maleza, especialmente la altura de planta, ubicación de las ramas, y altura de la máxima área foliar, determinan el impacto de la competencia por luz teniendo de esta forma una mayor influencia sobre el rendimiento del cultivo. Sólo entendiendo totalmente los mecanismos

fisiológicos y morfológicos de la competencia por luz entre cultivo y maleza será posible diseñar o manipular el follaje aéreo del cultivo para suprimir a las especies de maleza (Beyschlag *et al.*, 1990).

Efecto de la calidad de la luz. Algo de relevancia para los ecosistemas maleza/cultivo es el papel que juega la calidad espectral de la luz en las interacciones entre plantas. Las hojas absorben luz en las regiones azul y rojo y reflejan o transmiten en las regiones verde y rojo lejano del espectro solar. Así de esta forma, conforme se incrementa la profundidad en un follaje vegetal, la luz se enriquece con longitudes de onda rojo lejano (Casal y Smith, 1989).

La distribución de la radiación espectral de fotones dentro de un follaje es severamente disipado en el rango de 400 a 700 nm y es estimulado en las longitudes de onda por arriba de 700 nm (luz rojo lejana). Este efecto se ha observado en la radiación propagada tanto horizontalmente como verticalmente (Smith *et al.*, 1990) Las respuestas morfológicas al sombreado incluye el incremento en la elongación de los tallos, reducción del radio de peso seco entre el tallo y la hoja, y reducción del rebrote.

Cambiando el medio ambiente de la luz. Muchas plantas poseen la habilidad para adaptarse rápidamente, en días o aún en horas, a los cambios en los niveles de luz durante el ciclo de vida. Las adaptaciones fisiológicas y morfológicas que ocurren en respuesta a los cambios en los niveles de luz durante el crecimiento incluyen alteraciones en el grado fotosintético, grosor de la hoja, contenido de proteína y clorofila, actividades enzimáticas, asignación del peso seco, biomasa, y altura (Burkey y Wells, 1991). Estas adaptaciones se han observado en especies de maleza como *Amaranthus palmeri* S. Wats., *Crotalaria spectabilis* Roth, *Cyperus rotundus* L. y *C. esculentus* L., *Imperata*

cylindrica (L) Beauv. y diversas otras especies de maleza. Tal plasticidad en la aclimatación a los cambios en la luz habilita a las especies de maleza que se desarrollaron en condiciones de sombreo a alcanzar altas tasas de fotosíntesis y crecimiento si repentinamente son expuestas a altas intensidades de luz (Patterson, 1982).

Cuando el follaje se cierra, el ambiente se transforma de uno con alta intensidad de luz a uno con sombreo o baja intensidad de luz. En estos casos muchas especies de maleza responden con adaptaciones que reducen los efectos de sombreo que son limitantes del crecimiento. Incremento en el radio del área foliar (cantidad de área de hoja por unidad de biomasa vegetal) y altura de planta son las respuestas comunes al sombreo que pueden inducir a reducciones en el grado fotosintético y producción de biomasa que comúnmente ocurre. Sin embargo, cuando las reducciones en la luz son extremas generalmente se reduce la producción de semilla y la reproducción vegetativa por los rebrotes, rizomas y tubérculos (Burkey y Wells, 1991; Dall'Armellina y Zimdahl, 1988; Keeley y Tullen, 1978; MacWhorter y Jordan, 1976).

En un estudio con soya (*Glycine max* [L.] Merr. cv. Young) demostró la aclimatación a la luz bajo condiciones de campo (Burkey y Wells, 1991). Durante la transición de un ambiente soleado a uno sombreado el cual ocurrió cuando el follaje superior se desarrolló, se redujo la fotosíntesis máxima y el transporte de electrones de los cloroplastos de las hojas de dos a tres veces en un período de seis semanas y fue acompañada por una rápida senescencia y abscisión de las hojas. Por el contrario, la máxima fotosíntesis y el transporte de electrones en los cloroplastos se incrementó en respuesta a la luz que resultó de un raleo manual del follaje. Así, la manipulación del medio ambiente

de la luz por medio de la reducción de la densidad de plantas retardó la senescencia de las hojas de soya.

Efecto de la temperatura y estrés de temperatura

La temperatura es un factor significativo que gobierna el crecimiento estacional de las especies de maleza y su distribución geográfica. El desarrollo fenológico tanto de la maleza como de cultivos está muy ligado a la temperatura. Las especies de maleza y cultivos responden diferentemente a los requerimientos térmicos sobre las bases de temperaturas de día / noche. El estrés inducido por temperaturas desfavorables altas o bajas pueden influir en la competencia maleza / cultivo. Esto ha sido ampliamente confirmado por observaciones de campo y en experimentos con ambientes controlados en los cuales las diferencias en las respuestas de la maleza y cultivos a las temperaturas extremas tales como heladas durante la estación inicial de crecimiento han demostrado afectar su competitividad relativa. Por ejemplo, en ocasiones algunos cultivos pueden ser más favorecidos en su desarrollo que las especies de maleza con la presencia de temperaturas frías al inicio de la estación de crecimiento. Sin embargo, la presencia de temperaturas más altas en las etapas más tardías de la estación de crecimiento acelera el desarrollo de especies de maleza y la competencia puede llegar a ser más severa (Hawton, 1979; Cordes y Barman, 1984).

Las temperaturas del aire pueden inducir la germinación temprana de algunas especies de maleza y a la vez favorecer un más rápido desarrollo de las mismas por lo que habría que pensarse en siembras tempranas de algunos cultivos con la finalidad de incrementar su competitividad, esto lógicamente

donde las condiciones ambientales lo permitan. Las temperaturas bajas pueden reducir la fotosíntesis, la acumulación de materia seca y la expansión de las hojas de maleza y cultivos como se ha reportado para *Anoda cristata* (L. Schlecht.), *Abutilon theophrasti* y algodón (*Gossypium hirsutum* L.), sin embargo, la maleza se recobró más rápidamente de las temperaturas bajas, y en consecuencia su potencial competitivo se incrementó (Patterson y Flint, 1979). En estudios posteriores se encontró que el algodón fue un competidor superior a temperaturas de día / noche de 32/23 C, mientras que *Anoda cristata* fue superior a 26/17 C (Flint *et al.*, 1983). Estos resultados nos indican que los cambios de temperatura pueden ejercer diferente efecto sobre el desarrollo y fisiología de las especies de maleza y cultivo y sobre todo en la época de desarrollo tanto de la maleza como del cultivo en la cual se presentan, lo que puede influenciar grandemente las habilidades competitivas de ambos tipos de plantas (Chandler, 1977).

Principales especies de maleza presentes en el cultivo de caña de azúcar

En Jalisco, la comunidad de especies de maleza asociada a la caña de azúcar es diversa, y está compuesta por especies de hoja ancha (dicotiledóneas) y de hoja angosta (monocotiledóneas), sobresaliendo la presencia de estas últimas conocidas también como zacates por presentar mayores poblaciones (Cuadro 1 y 2) (Pimienta; comunicación personal).

Cuadro 1. Principales especies de maleza de hoja ancha asociadas al cultivo de caña azúcar en Jalisco.

Nombre común	Nombre científico	Ciclo de vida ¹
Quelite	<i>Amaranthus</i> spp.	A
Tacote o acaute	<i>Tithonia tubaeformis</i>	A
Chayotillo	<i>Sicyos</i> spp.	A
Aceitilla	<i>Bidens</i> spp.	A
Correhuela	<i>Ipomoea purpurea</i>	P
Tripa de pollo	<i>Commelina</i> sp.	A
Falso cadillo	<i>Xanthium strumarium</i>	A
Tomatillo	<i>Physalis angulata</i>	A
Toloache	<i>Datura stramonium</i>	A
Amargosa	<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	A
Quesillo	<i>Anoda cristata</i>	A
Lechosa	<i>Euphorbia</i> spp.	A

¹A = ANUAL ; P= PERENNE

Cuadro 2. Principales especies de maleza de hoja angosta asociadas al cultivo de caña de azúcar en Jalisco.

Nombre común	Nombre científico	Ciclo de vida ¹
Zacate cola de zorra	<i>Setaria</i> spp.	A
Zacate pata de gallo	<i>Eleusine indica</i>	A
Muela de caballo	<i>Brachiaria plantaginea</i>	A
Zacate de agua	<i>Echinochloa colona</i>	A
Zacate salado	<i>Leptochloa filiformis</i>	A
Zacate pitillo	<i>Ixophorus unisetus</i>	A
Coquillo	<i>Cyperus esculentus</i>	A
Zacate Johnson	<i>Sorghum halepense</i>	P
Zacate fresadilla	<i>Digitaria</i> sp	A

¹A = ANUAL ; P= PERENNE

Descripción del herbicida 2,4-D

A continuación se describen las principales características del herbicida 2,4-D de acuerdo a Dodge (1989):

Información básica:

Molécula química:

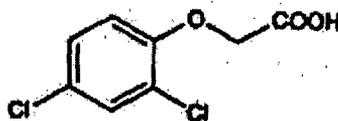


Figura No 4 Molécula química del herbicida 2,4-D

Formula molecular: $C_8H_6Cl_2O_3$

Nombre químico: 2,4-Ácido Diclorofenoxiacético

Nombre Común: 2,4-D

Los herbicidas que contienen el 2,4-D utilizan las formas de sales amina o esteres del compuesto. "2,4-D" colectivamente se refiere al ácido, sal, amina, y formas esteres. Las formas aminas o esteres pueden diferir en su actividad y destino ambiental.

Clasificación: Herbicida y regulador de crecimiento vegetal

Usos: Control de especies de maleza de hoja ancha en cultivos gramíneas

Modo de acción: El 2,4-D es un regulador del crecimiento vegetal que estimula la síntesis de ácido nucleico y proteínas y afecta la actividad enzimática, la respiración y la división celular. Es absorbido por las hojas, tallos y raíces y se mueve a través de la planta. Se acumula en los puntos de crecimiento de las plantas.

Dosis de aplicación: De 1 a 2 litros por hectárea

Momento de aplicación:

Se aplica cuando la maleza es pequeña y se encuentra en activo crecimiento y antes del estado de formación o presencia de yemas. En especies perennes deberá de aplicarse cerca del estado yemas, pero no en floración.

El 2,4-D tiene el potencial de desplazarse desde el sitio de aplicación y puede dañar plantas deseadas, por lo que deberá de evitarse aplicarlo con la presencia de vientos.

Efectos ambientales:

Suelo:

Actividad residual en suelo: El 2,4-D permanece activo de una a seis semanas en el suelo

Adsorción: Con el tiempo, el 2,4-D será adsorbido a la materia orgánica. Los suelos altos en materia orgánica adsorberán mayormente el 2,4-D.

Persistencia y agentes de degradación: El 2,4-D no es persistente en suelo. A su máxima dosis de aplicación persiste por 30 días en el suelo. El 2,4-D es degradado rápidamente en suelos; especialmente por los microorganismos. Se degrada mas rápidamente bajo condiciones calientes y húmedas. También es absorbido por las plantas. Algunas formas del 2,4-D se pueden evaporar del suelo.

Productos de la degradación / metabolitos y efectos ambientales potenciales: En suelos el 2,4-D puede ser metabolizado por microbios

Agua:

Solubilidad: La forma ácida del 2,4-D, las sales aminas solubles en aceite y los esterres de baja volatilidad no se disuelven bien en agua. Otras sales aminas se disuelven muy bien en agua.

Potencial de lixiviación en suelo: El 2,4-D solo tiene limitado potencial de contaminación de aguas subterráneas. El 2,4-D puede ser desde móvil hasta altamente móvil en suelos arenosos, francos y areno arenosos. Sin embargo, no es un agente riesgoso para la contaminación del agua debido a su rápida degradación del 2,4-D en la mayoría de los suelos y la rápida absorción por las plantas.

Aire:

Volatilización: La tendencia del 2,4-D a evaporarse depende de la forma química utilizada. Las formas con menos tendencia a evaporarse son las sales ácidas e inorgánicas, las aminas y las cadenas largas de esterres. Las aminas

solubles en aceite son las menos volátiles. Estas formulas pueden ser utilizadas cerca de vegetación deseada si se impide la atomización. Otras formulaciones esteres se evaporan rápidamente y no deberán de utilizarse cerca de vegetación deseada.

Potencial de productos a partir de la vegetación quemada: La quema de vegetación tratada con 2,4-D no ha detectado productos a partir del 2,4-D generados en la combustión en el campo.

Efectos ecológicos: Toxicidad a organismos no objeto de control:

Microorganismos del suelo: El 2,4-D no tiene efectos sobre microorganismos a las dosis de campo recomendadas. A dosis superiores, el 2,4-D suprime hongos y algas fijadoras de nitrógeno del suelo.

Plantas: El 2,4-D es altamente tóxico a muchas plantas no objeto de control.

Animales acuáticos: Las formas del 2,4-D pueden ser desde prácticamente no tóxicas hasta altamente tóxicas a peces e invertebrados acuáticos. Las formas de sales aminas del 2,4-D por lo general no son tóxicas a los peces. Aquellos compuestos más tóxicos a los peces incluye las formulaciones esteres, entre otras. Aquellos compuestos del 2,4-D que son más tóxicos a invertebrados son las formulaciones esteres y las dimetil amina.

Cuadro 3. Concentración letal del 2,4-D para animales

Especie	CL 50
Invertebrados	0.1 a > 100 ppm
Anfibios	8 a > 346 ppm
Peces	0.3 a 2840 ppm

Animales terrestres: Las formas del 2,4-D pueden ser desde prácticamente no tóxicas a moderadamente tóxicas a pájaros. El ester butil del 2,4-D es prácticamente no tóxica a pájaros. El 2,4-D es prácticamente no tóxico a las abejas. Las formulaciones esteres son las menos tóxicas a los aceites. Los mamíferos tienen moderada sensibilidad a la exposición del 2,4-D.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del sitio experimental

El trabajo se llevó a cabo en el predio "Potrero La Gotera" del ejido de La Venta del Astillero, municipio de Zapopan, Jalisco en la zona cañera de influencia del Ingenio de Tala durante el ciclo de temporal primavera-verano de 1999.

Estado fenológico del cultivo

El trabajo se llevó a cabo en un sembradío de caña con una altura de entre 20 a 50 cm de altura.

Formulación del herbicida

Nombre común: 2,4-D

Líquido miscible al 45.9% de ingrediente activo.

Equivalente a 480 g de i.a./lt de sal de dimetil amina del ácido 2,4-diclorofenoxiacético

Tratamientos

Se evaluaron cuatro tratamientos a base del herbicida 2,4-D, un testigo siempre limpio y un testigo absoluto (enhierbado):

Cuadro No 4 Número de los tratamientos que se utilizaron en el desarrollo del experimento.

Tratamientos	Dosis i.a./ha	Dosis producto formulado /ha
1. Testigo enhierbado	0.0	0.0
2. 2,4-D	480 gr.	1.01
3. 2,4-D	720 gr.	1.51
4. 2,4-D	960 gr.	2.01
5. Hierbamina	720 gr.	1.51
6. Testigo siempre limpio	0.0	0.0

Diseño experimental

Los tratamientos fueron evaluados bajo un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones. El tamaño de la parcela total fue de 4 surcos a 1.5 m de ancho por 10 m de largo (60 m²).

Distribución de tratamientos en el campo:

Cuadro No. 5 Distribución de los tratamientos en campo

I	4	3	6	2	1	5
II	1	2	6	3	5	4
III	6	4	5	3	2	1
IV	2	3	1	4	5	6

Método y equipo de aplicación de herbicidas

Los herbicidas fueron aplicados en posemergencia a la maleza y cultivo el día 28 de julio de 1999 sobre un suelo húmedo, por la mañana con cielo despejado (600 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) y viento en calma. Previo a la aplicación de los herbicidas, se determinó el gasto de agua a utilizar mediante una aspersora motorizada equipada con una barra horizontal (aguilón) con cuatro boquillas del

tipo Tee Jet 8003 de abanico plano, obteniéndose un gasto de agua de 600 litros por hectárea (3.67 litros por parcela).

Parámetros de medición para la efectividad biológica y fitotoxicidad al cultivo

Evaluación visual del control de especies (cualitativa). Se realizaron evaluaciones visuales del control total y por especie en forma aleatoria en cada unidad experimental a los 10, 20, y 40 días posteriores a la aplicación del herbicida de acuerdo a la escala de evaluación propuesta por la EWRS (European Weed Research Society) y tomando como referencia el testigo absoluto.

Evaluación cuantitativa (conteos de especies): Las evaluaciones cualitativas fueron complementadas con evaluaciones cuantitativas a los 10, 20, y 40 días posteriores a la aplicación mediante el conteo de especies en dos puntos diferentes utilizando un cuadrante de .50 m x .50 m (.25 m²), registrándose el número de cada especie presente para determinar la población promedio de individuos por tratamiento y determinar la eficacia de los mismos con relación al testigo absoluto.

Evaluación de la fitotoxicidad al cultivo: La fitotoxicidad al cultivo fue evaluada visualmente en cada unidad experimental a los 10, 20, y 40 días posteriores a la aplicación de los herbicidas utilizando para ello la escala de daño propuesta por la EWRS tomando como referencia el testigo siempre limpio.

Análisis de la información: Los datos obtenidos de las evaluaciones en el control de especies tanto cualitativas como cuantitativas así como la fitotoxicidad al cultivo fueron sometidos a un análisis de varianza y pruebas de separación de medias (Tukey 0.05). Los datos sobre el conteo de especies de

maleza en los tratamientos fueron previamente transformados mediante la raíz cuadrada de $Y + \frac{1}{2}$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo al conteo previo a la aplicación de los tratamientos herbicidas la comunidad de especies de maleza de hoja ancha presentes en el lote experimental fueron las siguientes especies:

Cuadro 6. Composición de especies de hoja ancha e importancia relativa en la comunidad de maleza en el cultivo de caña de azúcar. CIPV. 1999.

Especie	% de presencia
<i>Amaranthus hybridus</i>	81
<i>Tithonia tubaeformis</i>	11
<i>Sicyos angulatus</i>	4
<i>Bidens pilosa</i>	2
<i>Simsia sp.</i>	2

Cabe hacer notar que se presentó una mayor infestación de especies gramíneas como *Brachiaria plantaginea*, *Digitaria sanguinalis* y *Cynodon dactylon*.

Control de especies de hoja ancha (dicotiledóneas)

Los tratamientos a base de 2,4-D a las dosis de 720 y 960 gr i.a./ha fueron superiores al tratamiento de 480 gr. i.a./ha y de hierbamina a la dosis de 720 gr. i.a./ha ($P < 0.05$) en la primera evaluación visual realizada a los primeros 10 días después de la aplicación (d.d.a.), ejerciendo un excelente control de las especies de tacote (*Tithonia tubaeformis*), *Simsia* (*Simsia sp.*) y quelite (*Amaranthus hybridus*) con porcentajes superiores al 80, 80 y 90 % respectivamente y en especial en plantas que alcanzaron una altura menor a los 20 cm al momento de la aplicación (Cuadro 2). La especies de chayotillo (*Sicyos angulatus*) y aceitilla (*Bidens pilosa*) presentaron una

mayor tolerancia a la acción de los tratamientos herbicidas ya que solo ejercieron un control del 50 al 60 %, en especial en los tratamientos a base de 2,4-D a la dosis de 480 gr. i.a./ha y hierbamina a la dosis de 720 gr. i.a./ha, resultando inferiores ($P < 0.05$) en el control al tratamiento a la dosis de 960 gr. i.a./ha (Cuadro 2). El porcentaje de control obtenido por los tratamientos a dosis inferiores a 960 gr. i.a./ha sobre las especies de chayotillo (*Sicyos angulatus*) y aceitilla (*Bidens pilosa*) se presentó principalmente en la forma de daños como clorosis, inhibición del crecimiento y una ligera necrosis sin llegar a ocasionar la muerte de las especies en esta primera evaluación a los 10 d.d.a.

Cuadro 7. Porcentaje de control visual por especie de maleza de hoja ancha a los 10 días después de la aplicación de los tratamientos herbicidas posemergentes en caña de azúcar. CIPV. 1999.

Tratamiento	Dosis i.a./ha	<i>Tithonia tubaeformis</i>	<i>Amaranthus hybridus</i>	<i>Sycios Angulatus</i>	<i>Bidens pilosa</i>	<i>Simsia Sp.</i>
Testigo absoluto	0	0 d	0 c	0 c	0 e	0 d
2,4-D	480 gr.	74 c	84 b	43 b	57 d	53 c
2,4-D	720 gr.	83 ab	92 a	56 ab	70 b	82 a
2,4-D	960 gr.	89 a	94 a	71 a	77 a	82 a
Hierbamina	720 gr.	77 bc	84 b	50 b	62 c	65 b
Testigo limpio	0	0 d	0 c	0 c	0 e	0 d

Medias dentro de cada columna con letra diferente, son diferentes según Tukey ($P < 0.05$)

A los 20 días posteriores a la aplicación de los tratamientos, el control sobre las especies en general se incrementó (Cuadro 3). En esta segunda evaluación visual se presentó la misma tendencia en el control individual de cada especie ya que las especies de *Simsia* (*Simsia sp.*), tacote (*Tithonia tubaeformis*), quelite (*Amaranthus hybridus*) fueron controladas en un 90%, 92% y 95%, respectivamente con el tratamiento a base de 2,4-D a la dosis de 960 gr. i.a./ha. El incremento en el control a los 20 d.d.a. fue más notorio en las especies de chayotillo (*Sicyos angulatus*) y aceitilla (*Bidens pilosa*) al lograrse un 80% de control sobre las misma a la dosis 720 y 960 gr.

i.a./ha (Cuadro 3), resultado superior en el control ($P < 0.05$) a la dosis de 480 gr. i.a./ha y al obtenido a los primeros 10 d.d.a.

Cuadro 8. Porcentaje de control visual por especie de maleza de hoja ancha a los 20 días después de la aplicación de los tratamientos herbicidas posemergentes en caña de azúcar. CIPV. 1999.

Tratamiento	Dosis i.a./ha	<i>Tithonia tubaeformis</i>	<i>Amaranthus hybridus</i>	<i>Sycios angulatus</i>	<i>Bidens pilosa</i>	<i>Simsia sp.</i>
Testigo absoluto	0	0 d	0 c	0 c	0 c	0 c
2,4-D	480 gr	76 c	84 a	62 b	63 b	70 b
2,4-D	720 gr	90 ab	92 a	79 a	80 a	77 b
2,4-D	960 gr	92 a	95 a	84 a	85 a	90 a
Hierbamina	720 gr	82 bc	84 b	65 b	67 b	69 b
Testigo limpio	0	0 d	0 c	0 c	0 c	0 c

Medias dentro de cada columna con letra diferente, son diferentes según Tukey ($P < 0.05$)

A los 40 días posteriores a la aplicación, en general, el control sobre las especies se empezó a reducir debido a que las plantas que al momento de la aplicación presentaban una altura superior a los 30 cm iniciaron su recuperación de los daños ocasionados por los tratamientos herbicidas (Cuadro 4). Sin embargo las especies como tacote (*Tithonia tubaeformis*) y quelite (*Amaranthus hibridus*) aún seguían presentado un control del 80% con el tratamiento a base de 2,4-D a la dosis de 960 gr. i.a. Por el contrario, los tratamiento a dosis inferiores redujeron su control por abajo del 70% sobre estas dos especies (cuadro 4). La reducción en el control fue más expresiva en las especies de *Simsia* (*Simsia sp.*), chayotillo (*Sycios angulatus*) y aceitilla (*Bidens pilosa*) ya que incluso a la dosis mayor (960 gr. i.a.) de 2,4-D, su control se redujo por abajo del 70% en el caso del chayotillo. A excepción de la dosis superior de 2,4-D (960 gr. i.a.) el resto presentaron un control inferior al 60% y en especial el chayotillo (*Sycios angulatus*) ya que esta especie logró una recuperación de los efectos inducidos por los tratamientos y en general junto con la especie aceitilla (*Bidens pilosa*) presentaron la mayor tolerancia a los tratamientos evaluados.

Cuadro 9. Porcentaje de control visual por especie de maleza de hoja ancha a los 40 días después de la aplicación de los tratamientos herbicidas posemergentes en caña de azúcar. CIPV. 1999.

Tratamiento	Dosis i.a./ha	<i>Tithonia tubaeformis</i>	<i>Amaranthus hybridus</i>	<i>Sycios Angulatus</i>	<i>Bidens pilosa</i>	<i>Simsia sp.</i>
Testigo absoluto	0	0 d	0 d	0 b	0 d	0 d
2,4-D	480 gr	67 b	66 bc	20 b	42 c	30 c
2,4-D	720 gr	70 b	71 b	20 b	45 c	50 b
2,4-D	960 gr	81 a	85 a	54 a	85 a	72 a
Hierbamina	720 gr	62 c	59 c	17 b	62 b	40 bc
Testigo limpio	0	0 d	0 d	0 b	0 d	0 d

Medias dentro de cada columna con letra diferente, son diferentes según Tukey ($P < 0.05$)

En general, el control total sobre las especies de hoja ancha presentes en el ensayo, los tratamientos a base de 2,4-D a dosis de 720 y 960 gr. i.a./ha ejercieron un control superior al resto de los tratamientos evaluados (Cuadro 5).

Cuadro 10. Porcentaje de control visual total de especies de maleza de hoja ancha a los 10,20 y 40 días después de la aplicación de los tratamientos herbicidas posemergentes en caña de azúcar. CIPV. 1999.

Tratamiento	Dosis i.a./ha	1ra. Eval, 10 d.d.a.	2da. Eval 20 d.d.a	3ra. Eva 40 d.d.a
Testigo absoluto	0	0 d	0 c	0 d
2,4-D	480 gr.	76 c	81 b	64 bc
2,4-D	720 gr.	87 b	90 a	71 ab
2,4-D	960 gr.	95 a	94 a	82 a
Hierbamina	720 gr.	79 c	79 b	52 c
Testigo siempre limpio	0	0 d	0 c	0 d

Medias dentro de cada columna con letra diferente, son diferentes según Tukey ($P < 0.05$)

Los resultados sobre el número de especies de maleza presentes en cada tratamiento confirman los resultados obtenidos en la evaluación visual, destacando los tratamientos a base de 2,4-D a las dosis de 720 gr. i.a./ha y 960 gr. i.a./ha en los cuales la presencia de individuos de especies de maleza como *Tithonia tubaeformis* y *Amaranthus hybridus* fue inferior al resto de los tratamientos a base de 2-4-D y el testigo absoluto (siempre enhierbado) (Cuadros 6,7 y 8). Sin embargo, en especies

como chayotillo (*Sicyos angulatus*) y aceitilla (*Bidens pilosa*) el análisis sobre el número de individuos no presentan mucha concordancia con la evaluación visual ya que estas especies presentaron una baja población así como un patrón de distribución muy aleatorio.

Cuadro 11. Número de especies de maleza de hoja ancha presentes/0.25 m² después de la aplicación de los tratamientos herbicidas posemergentes en caña de azúcar a los 10 d.d.a. CIPV. 1999.

Tratamiento	Dosis i.a./ha	<i>Tithonia tubaeformis</i>	<i>Amaranthus hybridus</i>	<i>Sycios angulatus</i>	<i>Bidens pilosa</i>	<i>Simsia sp.</i>
Testigo absoluto	0	16 a	24 a	3 a	1 a	2 a
2,4-D	480 gr	0 b	7 b	1 ab	0 a	0 a
2,4-D	720 gr	0 ab	4 bc	1 b	0 a	0 a
2,4-D	960 gr	0 b	1 bc	0 b	0 a	0 a
Hierbamina	720 gr	0 b	8 b	1 ab	0 a	0 a
Testigo limpio	0	0 b	0 c	0 b	0 a	0 a

Medias dentro de cada columna con letra diferente, son diferentes según Tukey ($P < 0.05$)

Cuadro 12. Número de especies de maleza de hoja ancha presentes/0.25 m² después de la aplicación de los tratamientos herbicidas posemergentes en caña de azúcar a los 20 d.d.a. CIPV. 1999.

Tratamiento	Dosis i.a./ha	<i>Tithonia tubaeformis</i>	<i>Amaranthus hybridus</i>	<i>Sycios angulatus</i>	<i>Bidens pilosa</i>	<i>Simsia sp.</i>
Testigo absoluto	0	18 a	13 a	4 a	1 a	1 a
2,4-D	480 gr	0 a	4 b	1 a	0 a	0 a
2,4-D	720 gr	0 a	1 bc	0 a	0 a	0 a
2,4-D	960 gr	0 a	1 bc	0 a	0 a	0 a
Hierbamina	720 gr	2 a	4 b	1 a	0 a	0 a
Testigo limpio	0	0 a	0 c	0 a	0 a	0 a

Medias dentro de cada columna con letra diferente, son diferentes según Tukey ($P < 0.05$)

Cuadro 13. Número de especies de maleza de hoja ancha presentes/0.25 m² después de la aplicación de los tratamientos herbicidas posemergentes en caña de azúcar a los 40 d.d.a. CIPV. 1999.

Tratamiento	Dosis i.a./ha	<i>Tithonia tubaeformis</i>	<i>Amaranthus hybridus</i>	<i>Sycios angulatus</i>	<i>Bidens pilosa</i>	<i>Simsia sp.</i>
Testigo absoluto	0	11 a	20 a	1 ab	1 a	1 ab
2,4-D	480 gr	4 ab	8 b	1 ab	2 a	1 ab
2,4-D	720 gr	2 ab	4 c	1 ab	1 a	1 ab
2,4-D	960 gr	2 ab	1 c	1 ab	2 a	1 ab
Hierbamina	720 gr	4 ab	8 b	2 a	1 a	1 a
Testigo limpio	0	0 b	0 c	0 b	0 a	0 b

Medias dentro de cada columna con letra diferente, son diferentes según Tukey ($P < 0.05$)

Toxicidad al cultivo

Durante la evaluación, ninguno de los tratamientos herbicidas reflejaron algún síntoma de toxicidad en plantas de caña de azúcar.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos del presente ensayo y bajo las condiciones ambientales y de manejo del mismo se concluye lo siguiente:

- 2,4-D a las dosis de 720 y 960 gr. i.a./ha ejerció un control durante los primeros cuarenta días superior al 80% de *Tithonia tubaeformis* y *Amaranthus hybridus* resultando superior el control a tratamiento a base de 480 gr. i.a./ha,
- Las especies *Bidens pilosa*, *Simsia* sp. y *Sicyos angulatus* presentaron mayor tolerancia a la acción de los tratamientos a base de 2,4-D. Sin embargo, los tratamientos a base de 720 y 960 gr. i.a./ha ejercieron un control superior al 80% únicamente durante los primeros 20 días posteriores a la aplicación, ya posteriormente su control disminuyó en especial a la dosis de 480 gr. i.a./ha.
- 2,4-D a la dosis de 480 gr. i.a./ha no resultó suficiente para el control de especies de hoja ancha que presentaron una altura superior a los 25 cm al momento de la aplicación y en especial en especies como *Bidens pilosa*, *Simsia* sp. y *Sicyos angulatus*.
- Ninguno de los tratamientos a base del herbicida 2,4-D aplicados en posemergencia ocasionaron síntomas de toxicidad en plantas de caña de azúcar.

BIBLIOGRAFÍA

Banks, P. A., P. W. Santelman, B. B. Tucker. 1976. Influence of long-term soil fertility treatments on weed species in winter wheat, *Agronomy Journal*. 68: 825-827.

Barbour, C. J. y D. C. Bridges. 1995. A model of competition for light between peanut (*Arachis hypogaea*) and broadleaf weeds. *Weed Science*. 43: 247-257.

Begg, J. E. y N. C. Turner. 1976. Crop water deficits. *Advances in Agronomy*. 28: 161-217.

Beyschlag, W., P. W. Barnes, R. Ryel, M. M. Caldwell, y S. D. Flint. 1990. Plant Competition for light analyzed with multispecies canopy model. II. Influence of photosynthetic characteristics on mixtures of wheat and wild oat. *Oecologia*. 82: 374-380.

Black, C. C., T. M. y R. H. Brown. 1968. Biochemical basis for plant competition. *Weed Science*. XXX

Buchanan, G. A., C. S. Hoveland, y M.C. Harris. 1975. Response of weeds to soil pH. *Weed Science*. 23: 473-477.

Bugbee, B. G. y F. B. Salisbury. 1988. Exploring the limits of crop productivity. I. Photosynthetic efficiency of wheat in high irradiance environments. *Plant Physiology*. 88: 869-878.

Burkey, K.O. y R. Wells. 1991. Response of soybean photosynthesis and chloroplast membrane function to canopy development and mutual shading. *Plant Physiology*. 97: 245-252.

Carlson, H. L. y J. E. Hill. 1985. Wild oat (*Avena fatua*) competition with spring wheat: effects of nitrogen fertilization. *Weed Science*. 34: 29-33.

Casal, J. J. y H. Smith. 1989. The function, action, and adaptative significance of phytochrome in light-grown plants. *Plant Cell Environment*. 12: 855-862.

Chandler, J. M. 1977. Competition of spurred anoda, velvetleaf, prickly sida, and Venice mallow in cotton. *Weed Science*. 25: 151-158.

Coble, H.D., F.M. Williams, y R.L. Ritter. 1981. Common ragweed (*Ambrosia artemisifolia*) interference in soybeans (*Glycine max*). *Weed Science*. 29: 339-342.

Cordes, R. C. y T. T. Barman. 1984. Field competition between ivyleaf morningglory (*Ipomoea hederacea*) and Soybeans (*Glycine max*). *Weed Science*. 32: 364-370.

Cudney, D.W., S. L. Jordan, y A. E. Hall. 1991. Effect of wild oat (*Avena fatua*) infestations on light interception and growth rate of wheath (*Triticum aestivum*). *Weed Science*. 39:175-179.

Dall' Armellina, A. A. y R. L. Zimdhal. 1988. Effect of light on growth and development of field bindweed (*Convolvulus arvensis*) and Russian Knapweed (*Centaurea repens*). *Weed Science*. 36: 779-783.

Dodge, A. D. 1989. *Herbicide and Plant Metabolism*. Society for Experimental Biology. Seminar Series: 38. Cambridge University Press. New York. USA. 277 p.

Flint, E. P., D. T. Patterson, y J. L. Bayers. 1983. Interference and temperature effects on growth of cotton (*Gossypium hirsutum*), Spurred anoda (*Anoda cristata*), and velvetleaf (*Abutilon theophrasti*). *Weed Science*. 31: 892-898.

Geddes, R. D., H. D. Scott, y L. R. Oliver. 1979. Growth and water use by common cocklebur (*Xanthium pensylvanicum*) and soybeans (*Glycine max*) under field conditions. *Weed Science*. 27: 206-212.

Grime, J. P. 1979. *Plant Strategies and Vegetation Processes*. John Wiley & Sons, Chicester. 222 pp.

Hawton, D. 1979. Temperature effects on *Eleusine indica* and *Setaria anceps* grown in association (I). *Weed Research*. 19: 279-284.

Holt, J.S. 1995. Plant Responses to Light: A Tool for Weed Management. *Weed Science*, 43:474-482.

Keeley, P. E. y R. J. Tullen. 1978. Light requirement of yellow nutsedge (*Cyperus esculentus*) and light interception by crops. *Weed Science*. 26: 10-16.

Knape, E. L. y F. W. Slife. 1962. Competition of *Setaria faberii* with corn and soybeans. *Weeds*. 10: 26-29.

Kramer, P. J. y T. T. Kozlowski. 1979. *Physiology of Woody Plants*. Academic Press, New York. p 669.

Kropff, M. J. 1993. Competition: a key process in (agro-) ecology., pp 1-7 in M. J. Kropff y H. H. van Laar (eds). *Modeling Crop-Weed Interactions*. IRRI. CAB International.

Kropff, M. J. 1993. Mechanisms of competition for water. pp 63-76 in M. J. Kropff y H. H. van Laar (eds). *Modeling Crop-Weed Interactions*. IRRI. CAB International.

Lingle, S. E. y J. E. Irvine. 1994. Sucrose synthase and natural ripening in sugarcane. *Crop Science*. 34: 1279-1283.

McWhorter, C. G. y T. N. Jordan. 1976. The effect of light and temperature on growth and development of Johnsongrass (*Sorghum halepense*). *Weed Science*. 24: 88-91.

Ort, D. R. y N. R. Baker. 1988. Considerations of photosynthetic efficiency at low light as a mayor determinant of crop photosynthetic performance. *Plant Physiology and Biochemistry*. 26: 555-565.

Patterson, D. T. y P. Flint. 1979. Effects of chilling on cotton (*Gossypium hirsutum*), velvetleaf (*Abutilon theophrasti*), and spurred anoda (*Anoda cristata*). *Weed Science*. 27: 473-479.

Patterson, D. T. 1982. Shading responses of purple and yellow nutsedges (*Cyperus rotundus* and *C. sculentus*). *Weed Science*. 30: 25-30.

Patterson, D. T. y P. Flint. 1980. Comparative water relations, photosynthesis, and growth of soybean (*Glycine max*) and seven associated weeds. *Weed Science*. 31: 318-323.

Patterson, D. T. 1995. Effects of Environmental Stress on Weed/Crop Interactions. *Weed Science*. 43: 483-490.

Perafán, G. F. 2000. Caña de azúcar. <http://cali.cetcol.net.co/~feperafa>

Pleasant, J. M. T., E. F. Burt y J. C. Frisch. 1994. Integrating mechanical and weed management in corn (*Zea mays*). *Weed Technology*. 8: 217-223.

Radosevich, S. R. y J. S. Holt. 1984. *Weed Ecology: Implications for Vegetation Management*. John Wiley & Sons, New York. p. 265.

Regnier, E. E., M. E. Salvucci, y E. W. Stoller. 1988. Photosynthesis and growth responses to irradiance in soybean (*Glycine max*) and three broadleaf weeds. *Weed Science*. 36: 487-496.

Salisbury, B. F. y C. W. Ross. 1992. *Plant Physiology*, 4th ed. Wadsworth, Belmont, California.

Sánchez, N. F. 1972. *Materia prima: Caña de azúcar*. Edit. Porrúa, Hnos. México. 583 p.

Schreiber, M. M. 1982. Modeling the biology of weeds for integrated weed management. *Weed Science*. 30: 13-16.

Smith, H., J. J. Casal, y G. m. Jackson. 1990. Reflection signals and the perception by phytochrome of the proximity of neighboring vegetation. *Plant Cell Environment*. 13: 73-78.

Steel, R. G. R. y Torrie, H. J. 1980. Principles and procedures of statistics. McGraw-Hill Book Co. NY, NY. p. 633.

Stuart, B. L., S. K. Harrison, J. R. Abernathy, D. R. Krieg y C. W. Wendt. 1984. The response of cotton (*Gossypium hirsutum*) water relations to smooth pigweed (*Amaranthus hybridus*) competition. *Weed Science*. 32: 126-132.

Zimdhal, R. L. 1980. Weed-crop competition- a Review. International Plant Protection Center, Oregon State University, Corvallis.

Weaver, S. E y A. S. Hamill. 1985. Effect of soil pH on the competitive ability and leaf nutrient of corn (*Zea mays*) and three weed species. *Weed Science*. 33: 447-451.

Wiese, A. F. y C. W. Vandiver. 1970. Soil moisture effects on competitive ability of weeds. *Weed Science*. 18: 518-519.