

ZAMORANO
CARRERA DE CIENCIA Y PRODUCCION AGROPECUARIA

Evaluación técnica y económica de tres herbicidas por cultivo, como alternativas al control manual en lechuga y pepino

Tesis presentada como requisito parcial para
optar al título de Ingeniero Agrónomo en el
Grado Académico de Licenciatura.

Presentado por:

Jorge David Vela Boderó

Honduras

Diciembre, 2003

RESUMEN

Vela, J. 2003. Evaluación técnica y económica de tres herbicidas por cultivo, como alternativas al control manual en lechuga y pepino. Proyecto especial del Programa de Ingeniero Agrónomo. Zamorano, Honduras. 22 p.

Debido a la presión de malezas en los terrenos hortícolas de Zamorano, se necesitan herbicidas selectivos eficientes para remplazar el control manual en lechuga y pepino, ya que requieren mucha mano de obra para esta labor. El estudio se llevó a cabo en Zamorano, Honduras, de marzo a julio de 2003. En lechuga los herbicidas usados fueron: bensulide (7, 6 Y 5 kg ia/ba), pendimetalina (1.4, 0.98 Y 0.56 kg ia/ha) Y pronamida (3, 2 Y 1 kg ia/ba). En pepino: bensulide (7, 6 Y 5 kg ia/ha), clomazone (1.12, 0.84 Y 0.56 kg ia/ha) y Naptalam (4,3 Y 2 kg ia/ha). El diseño experimental fue bloques completos al azar. En lechuga: bensulide no presentó diferencias en control de malezas, fitotoxicidad a 5 kg ia /ha, ni residualidad en maíz o pepino; pero a 7 kg ia/ha redujo el crecimiento de plántulas; redujo 11% los costos que varían usando 7 kg ia/ha Y 31 % con 5 kg ia/ha en comparación al control manual. Pendimetalina no presentó diferencias en control de gramíneas, ni residualidad, pero redujo el crecimiento de las plántulas. Económicamente podría ser una alternativa porque redujo 41 % los costos que varían usando 0.56 kg ia/ha, 36% con 0.98 kg ia/ha y 26% con 1.40 kg ia/ba. Pronamida no presentó diferencias en control de malezas, fitotoxicidad a 1 y 2 kg ia/ha, ni residualidad para maíz o pepino, pero a 3 kg ia/ba retrasó el crecimiento de plántulas; es viable únicamente a 1 y 2 kg ia/ha, la dosis más alta tuvo costos mayores que el control manual En pepino, bensulide no presentó diferencias en control de malezas, fitotoxicidad ni residualidad en maíz o lechuga; es viable para reemplazar al control manual a 5 kg ia/ha, las dosis más altas incrementan los costos. Clomazone no presentó diferencias en control de hojas anchas, fitotoxicidad, ni residualidad en maíz o lechuga, pero fue mejor que el control manual controlando gramíneas; disminuyó los costos que varían en todas las dosis probadas. Naptalam no presentó diferencias estadísticas en control de hojas anchas, a 2 kg ia/ha no causó fitotoxicidad al pepino, ni es residual para lechuga o maíz a 2 y 3 kg ia/ha, pero tuvo menor control de gramíneas, y a 4 kg ia/ha redujo el crecimiento de maíz en el siguiente ciclo; es viable a 2 y 3 kg ia/ba ya que redujo los costos que varían en 38 y 15% respectivamente. Para lechuga se recomienda bensulide a 5 kg ayilla y pronamida a 1 kg ia/ha; para pepino clomazone a 0.56 kg ia/ha, Naptalam a 2 kg ia/ha, y bensulide a 5 kg ia/ha, en las condiciones de Zamorano, en la época seca.

Palabras clave: Malezas en hortalizas, fitotoxicidad, selectividad.

INDICE

| | |
|---|------|
| Portadilla | i |
| Autoría | ii |
| Hoja de firmas | iii |
| D E D I C A T O R I A | iv |
| AGRADECIMIENTOS..... | v |
| AGRADECIMIENTOS A P A T R O C I N A D O R E S | vi |
| RESUMEN..... | vii |
| INDICE | viii |
| INDICE DE CUADROS | ix |
| INDICE DE ANEXOS..... | x |
| INTRODUCCION..... | 1 |
| Objetivos | 2 |
| MATERIALES y METODOS..... | 3 |
| Ubicación..... | 3 |
| Tratamientos..... | 3 |
| Manejo de los cultivos..... | 4 |
| Toma de datos | 4 |
| Diseño y análisis | 5 |
| RESULTADOS y DISCUSION | 6 |
| Lechuga..... | 6 |
| Pepino | 9 |
| Resultados económicos..... | 12 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 13 |
| Lechuga..... | 13 |
| Pepino | 13 |
| General..... | 14 |
| BIBLIOGRAFIA..... | 15 |
| ANEXOS..... | 16 |

INTRODUCCION

La producción de hortalizas en Zamorano, Honduras, se encuentra ubicada en suelos que han sido utilizados por largo tiempo en esta actividad, siempre optando por métodos convencionales de labranza. Los años de cultivo, la maquinaria agrícola y la producción intensiva han aumentado la presión de malezas, y es un problema en lechuga (*Lactuca saliva*) o pepino (*Cucumis sativus*) pues se necesita mucha mano de obra para su limpieza.

El uso de herbicidas en lechuga y pepino es limitado debido a la falta de moléculas selectivas en la región. La única técnica de control utilizada por el momento es la manual, con azadillas o azadones, pero es una labor poco manejable en grandes extensiones debido a la falta de mano de obra. Por esto se validaron herbicidas, que fueron escogidos del *Herbicide Handbook* (2002) y están registrados en Estados Unidos para el uso en estos cultivos, para hacer más eficiente el programa de manejo integrado de malezas, enfocándose a obtener rendimientos altos, reducir mano de obra y costos. Los herbicidas validados fueron: bensulide, pendimetalina y pronamida en lechuga, y bensulide, clomazone y Naptalam en pepino.

Bensulide ha sido utilizado en lechuga, repollo, coliflor, cebollas, chiles, melones, calabazas, pepinos y brócoli. Se adhiere muy fuertemente al suelo, se inactiva en alto contenido de materia orgánica, es poco degradado por microorganismos y muy poco por la luz (Vencill, 2002). Pertenece al grupo de los inhibidores del crecimiento de las plantas y está en el grupo de las amidas. Bensulide controla gramíneas (Motsenbocker y Bonnano, 1998), inhibe el crecimiento; pero no evita la germinación, quedan algunas plantas enanas y otras no emergen.

Clomazone es un herbicida de amplio espectro usado para el control de gramíneas anuales y hojas anchas (Werling y Buhler, 1998), su nombre químico es 2-(2-chlorobenzyl)-4,4-dimethyl-1,2-oxazolidin-3-one. Se usa en algodón, soya, papa, pepino, pimiento y varios vegetales, puede ser aplicado temprano como emergente o pretransplante incorporado, dependiendo del cultivo (Vencill, 2002). Se mueve por el xilema y se acumula en las hojas y en los meristemos (Salzman *et al.*, 1992) causa albinismo, el follaje es blanco, amarillo, verde pálido o translúcido.

Naptalam es usado como herbicida pre emergente para el control de malezas hojas anchas (Al-Khatib *et al.*, 1995) en melones, sandías y pepinos. Es una sal de sodio y puede ser aplicado como presiembra, preemergencia o postemergencia (Vencill, 2002). Produce fuerte epinastía y además una respuesta antigeotrópica, aboliendo la curvatura normal de las raíces y llevando los brotes en contra de la luz (Vencill, 2002).

Pronamida es un herbicida selectivo como pre o postemergente, usualmente es incorporado en el suelo con una cultivadora, inigiendo o mediante la lluvia. Controla un amplio rango de gramíneas anuales y perennes así como malezas de hoja ancha

(Mersie y Elliot, 1993). Es usado principalmente en lechuga, alfalfa, cerezas, ornamentales y frutales (Rohm & Hass, 1999).

Pendimentelina es el nombre común para N-(1-ethylpropyl)-2,6-dinitro-3,4-xylidine, se adhiere a las partículas del suelo en los primeros 2 cm. de profundidad y controla la emergencia de malezas anuales. Pertenece al grupo de los inhibidores de crecimiento y se aplica como preemergente a la maleza y al cultivo, controla gramíneas (Gasper *et al.*, 1994).

Objetivos

- Determinar si los herbicidas bensulide, pronamida y pendimentalina tienen un control efectivo sobre las poblaciones de malezas en el cultivo de lechuga y si Naptalam, clomazone y bensulide tienen control efectivo sobre las poblaciones de malezas en el cultivo de pepino.
- Determinar si los herbicidas bensulide, pronamida y pendimentalina son selectivos para el cultivo de lechuga y si los herbicidas Naptalam, clomazone y bensulide son selectivos para el cultivo de pepino, usando diferentes dosis y tomando en cuenta la tito toxicidad y la residualidad.
- Determinar si Naptalam, clomazone, bensulide, pronamida y pendimentalina en lechuga y pepino, son alternativas económicas viables al control manual.

MATERIALES Y METODOS

Ubicación. El estudio se realizó en Zamorano, departamento de Francisco Morazán, Honduras. La temperatura media anual es 26° C y oscila entre 15° C la mínima y 36° C la máxima, tiene una precipitación anual media de 1100 mm con lluvias distribuidas bimodalmente en junio-julio y septiembre-octubre (Álvarez, 2003) 1.' Se localiza a 14° de latitud Norte y 87° longitud Oeste, está a 800 msnm (Meneses, 2003r).

Tratamientos. Las dosis de ingrediente activo abarcaron todo el rango recomendado por los fabricantes (Cuadro 1,2). Para pendimentalina el fabricante recomienda 0.56-1.40 kg ia/ba, en clomazone 0.56-1.12 kg ia/ba, en bensulide 5.6-6.7 kg ia/ba, en Naptalam 2.2-4.5 kg ia/ha (Vencill, 2002).

Cuadro 1. Herbicidas y dosis utilizadas en lechugas

| Heroicidad | | Ingrediente activo |
|----------------|------------------|--------------------|
| Nombre común | Nombre comercial | Kg/h |
| Bensulide | prefar 4-E® | 7.00 |
| Bensulide | Prefar 4 -E® | 5.00 |
| Pendimentalina | Prowl® 50 EC | 1.40 |
| Pendimentalina | Prowl® 50 EC | 0.98 |
| Pendimentalina | Prowl ® | 0.56 |
| Pronamida | Kerb 50-w ® | 3.00 |
| Pronamida | Kerb 50-w ® | 2.00 |
| Pronamida | Kerb 50-w ® | 1.00 |
| Control manual | | |

Cuadro 2. Herbicidas y dosis utilizadas en pepino

| Herbicidas | | Ingrediente activo |
|----------------|------------------|--------------------|
| Nombre común | Nombre comercial | (kg/ha) |
| Bensulide | Prefar 4 -E® | 7.00 |
| Bensulide | Prefar 4 -E® | 6.00 |
| Bensulide | Prefar 4 -E® | 5.00 |
| Clomazone | Comando a EC ® | 1.12 |
| Clomazone | Comando a EC ® | 0.84 |
| Clomazone | Comando a EC ® | 0.56 |
| Naptalam | Alanap ® | 4.00 |
| Naptalam | Alanap ® | 3.00 |
| Naptalam | Alanap ® | 2.00 |
| Control manual | | |

1 Álvarez, F. 2003. Pluviometría en Zamorano (correo electrónico). Zamorano, Honduras.

2 Meneses, N. 2003. Datos Geográficos de Zamorano (correo electrónico). Zamorano, Honduras.

Las unidades experimentales fueron dos camas de 5 m de largo y 1.8 m ancho (18 m²), cada bloque tenía 10 unidades experimentales y cada experimento cuatro bloques, sumando un área total de 1440 m².

Los cinco herbicidas se aplicaron un día antes del trasplante con una bomba de mochila presurizada con CO₂ a una presión constante de 30 psi, además se utilizó tanques de acero inoxidable de 12 L Y cuatro boquillas Teejet 8003VS separadas a 50 cm. Se utilizaron 190 L/ha de agua para las aplicaciones.

Manejo de los cultivos. El suelo fue preparado con rastra pesada y arado de cincel 66 Días Antes de la Aplicación (DAA), rastra pesada a los 64 DAA Y rastra liviana a los 63 DAA. Las camas se hicieron siete días antes de la siembra, éstas eran de 1.8 m entre centros y 0.6 m de camino. El riego por goteo diario fue de 10 mm, se fertilizó con 180 kg/ha de urea en lechuga y pepino, y las labores culturales se realizaron utilizando los procedimientos establecidos por Zamorano, con el objetivo de hacer representativo el experimento a las condiciones actuales de producción.

En lechuga se sembró la variedad Salinas el 21 de marzo de 2003, se usaron 60 bandejas de 98 huecos con turba (Sunshine mix) como medio de germinación. Se estimó 20% de pérdidas por germinación y enfermedades antes del trasplante. Se trasplantó el 11 de abril y se necesitaron 5360 plántulas. La densidad fue de 74444 plantas por hectárea, arreglando cuatro filas por cama, en tresbolillo, a 0.30 m entre planta y 0.30 m entre hileras. Se realizaron dos deshierbas, la primera a los 16 DDA, donde sólo se desherbó las parcelas de control manual y la segunda a los 28 DDA, en donde se desherbó todas las parcelas. Las deshierbas en lechuga se hicieron a mano en la cama y con azadón los caminos.

En pepino se sembró la variedad Point Set, el 28 de marzo de 2003, en bandejas de 128 huecos y turba (Sunshine mix) como medio de germinación, se estimó 20% de pérdidas por germinación y enfermedades antes del trasplante, éstas estuvieron 14 días en la propagación. El trasplante fue el 11 de abril, la densidad fue de 55555 plantas por hectárea, arreglado en dos hileras por cama en tresbolillo, a una distancia de 0.20 m entre planta y 0.30 m entre hileras. Se realizó una deshierba a los 16 DDA en las parcelas de control manual utilizando azadón pequeño, las demás parcelas no se desherbaron en todo el ciclo. El pepino en época seca no es tutorado, pero para facilitar la toma de datos se tutoró usando mallas plásticas fijadas a estacas.

Toma de datos. En el control de malezas se contaron las malezas a los 14 y 38 DDA en las parcelas de lechuga, y a los 14,31 Y 41 DDA en las parcelas de pepino. En cada parcela se contaron las malezas por especie en un área de 0.5 x 0.5 m (Frans y Talbert, 1977). Las malezas presentes fueron: *Cyperus rotundus*, *Amaranthus spinosus*, *Bidens pilosa*, *Digitaria sanguinalis*, *Eleusine indica*, *Emilia fosbergii*, *Ipomoea purpurea*, *Melampodium divaricatum*, *Nicandra physalodes* y *Portulaca oleracea*. Para el análisis estadístico se agruparon en gramíneas y hojas ancha, excluyendo el *Cyperus rotundus* por que no es controlado por ninguno de los herbicidas.

La fitotoxicidad se determinó comparando el crecimiento del cultivo entre las parcelas aplicadas y las no aplicadas. En lechuga se contó a los 14 DDA el número de hojas de 10 plantas seguidas por parcela, escogiendo la primera al azar; y a los 29 y 38 DDA se midió el diámetro de cabeza, tomando igualmente de 10 plantas seguidas en cada

parcela. En el pepino se tomó a los 14 DDA la altura de 10 plantas seguidas, y se contó el número de hojas por planta a los 14,31 Y 41 DDA, utilizando igualmente 10 plantas seguidas por parcela.

En la cosecha se pesó el rendimiento comercial, no comercial y número de unidades cosechadas. Se consideraron pepinos comerciales los mayores de unos 15 cm. de largo, turgentes, de color verde predominante y libre de enfermedades. Los pepinos no comerciales eran mal formados, muy maduros, con pudriciones, golpes o menores de 15 cm. En lechuga las cabezas no comerciales tenían pudriciones en las hojas, cabezas que empezaron a florecer o tenían un diámetro menor de unos 10 cm.

Para determinar la residualidad de los herbicidas a los 60 DDA se transplantó pepino y maíz donde se había sembrado la lechuga; antes de la siembra se aplicó glifosato (Round up Max@ 68 SG) a 1.36 kg ia/ba, usando 250 L de agua por hectárea. A los 7 DDS se determinó el peso seco del maíz, a los 21 DDS se determinó el peso seco del pepino. En el terreno donde se sembró pepino se plantó maíz y lechuga a los 67 DDA Y se controlaron las malezas con azadón. A los 21 DDS se obtuvo el peso seco de las plantas de maíz, a los 28 DDS se obtuvo el peso seco de las lechugas. Las plantas se sembraron cerca del centro de la parcela para evitar efectos de contaminación por los otros herbicidas. Se cosechó cortando la planta a la altura del suelo y se transportaron en bolsas de papel. En el laboratorio se lavaron las muestras para remover restos de polvo o lodo y se secaron las plantas en el horno a 80° C durante dos días en lechuga y pepino; y tres días en maíz para determinar el peso de su materia seca.

Para el muestreo de nematodos se recolectaron ocho pilones con raíz de plantas de pepino, cada 1.5 m, sacándolos con una pala, a una profundidad de 15 cm. Las poblaciones de nematodos fueron obtenidas en el laboratorio de nematología de Zamorano, y se hizo con base en 100 g de suelo utilizando una extracción por centrifugación, flotación y embudo de Baerman.

Diseño y análisis de los datos. Se utilizó el diseño estadístico de bloques completamente al azar (BCA). Las variables fueron sometidas a un análisis de varianza (ANDEV A), y a separación de medias con Duncan, a 5% de significancia. El análisis económico se realizó según la metodología del CIMMYT de formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos (CIMMYT, 1998). Se consideraron como costos variables el costo del herbicida, la mano de obra para la aplicación y la mano de obra para las deshierbas.

RESULTADOS y DISCUSION

Lechuga

El control de gramíneas fue igual al control manual en los dos conteos de todos los herbicidas, igual en hojas anchas a los 14 DDA. A los 38 DDA se redujo la población ($p=0.007$) en todos los herbicidas a todas las dosis, pero sin diferencia entre ellos (Cuadro 3). Estos resultados concuerdan con los datos obtenidos por Motsenbocker y Bonnano (1988), Mersie y Elliot (1993) y Gasper *et al.* (1994), quienes hicieron pruebas con bensulide, pendimentalina y pronamida, respectivamente, y encontraron niveles aceptables de control de gramíneas con bensulide y pendimentalina, y gramíneas y hojas anchas con pronamida. La falta de consistencia de control en los dos muestreos de hojas anchas y el no haber encontrado diferencias en las poblaciones de gramíneas se puede deber a la alta variabilidad en la distribución espacial de las malezas, ya que se obtuvieron variaciones más altas del 100%; en el único muestreo en donde se encontró menor población fue a los 38 DDA, en donde la variación de los datos fue menor que 100% (Cuadro 3). El control de hojas anchas fue mejor a los 38 DDA porque a los 14 DDA las malezas tenían cuatro días de haber germinado y los herbicidas necesitan algunos días para ver el resultado de su control.

Cuadro 3. Poblaciones de malezas utilizando herbicidas en lechuga.

| Herbicida | Dosis (kg ia/ha) | Total gramíneas (plantas/m ²) | | Total hoja ancha (Plantas/m ²) | |
|---------------|---------------------|--|--------|---|--------|
| | | 14DDA | 38DDA | 14DDA | 38 DDA |
| Pendimentina | 1.40 | 5 | 2 | 25 | 8 bt |
| Pendimentina | 0.98 | 16 | 1 | 71 | 13 b |
| Pendimentina | 0.56 | 18 | 5 | 45 | 12 b |
| Bensulide | 7.00 | 11 | 5 | 71 | 26 b |
| Bensulide | 5.00 | 33 | 6 | 77 | 18 b |
| Pronamina | 3.00 | 51 | 9 | 71 | 16 b |
| Pronamina | 2.00 | 122 | 11 | 52 | 8 b |
| Pronamina | 1.00 | 72 | 6 | 227 | 25 b |
| Control anual | | 55 | 6 | 198 | 60 a |
| | Probabilidad | .1261 | 0.7149 | 0.1163 | 0.0070 |
| | R ² (%) | 42 | 38 | 47 | 57 |
| | CV. % | 131 | 133 | 111 | 82 |

R²: ajuste del modelo; CV.: coeficiente de variación; DDA: días después de la aplicación;
t: Promedios en la misma columna con letras diferentes tienen diferencias significativas. Prueba Duncan (P~0.05).

Todas las dosis de pendimetalina y bensulida a 7 kg ia/ha y pronamida a 3 kg ia/ha tuvieron menor número de horas que las lechugas que tuvieron control manual de malezas (cuadro 4). Estos datos coinciden con los obtenidos utilizando pendimetalina en repollo por Millar et al, (2003), quien tuvo daños persistentes en las plantas y bajo número de cabezas cosechadas. A los 29 DDA no existieron diferencias en el diámetro de cabeza entre control químico y el manual de malezas (cuadro 4). No hubo diferencia en los diámetros de cabeza.

El rendimiento comercial y el total de cabezas cosechadas fueron iguales entre las parcelas aplicadas con herbicidas y el control manual (cuadro 5). El no haber encontrado diferencias entre los rendimientos se puede deber a la variabilidad causada por la población de nematodos encontrada en el terreno, pudiendo éstos haber afectado el desarrollo normal del cultivo en ciertas partes del terreno (cuadro 6), estos se refleja en el alto coeficiente de variación que tienen los datos de cosecha. Estos datos pueden compararse con los rendimientos promedio obtenidos en la Zamorano, en el 2002 fue de 8.58 t/ha (promedio de 46 parcelas), y en el 2003 8.95 t/ha (promedio de 62 parcelas).

No hubo evidencia estadística que determine que los herbicidas a las dosis portadas reducen el crecimiento del maíz o del pepino en el siguiente ciclo, estos son los posibles cultivos para rotación en Zamorano (cuadro 7). Por lo tanto, en siembras comerciales, la posibilidad de daño al cultivo por residualidad es muy. Poca. Para sembrar estos ensayos no se removió el suelo, por lo que no se tomó en cuenta el factor de dilución que tendrían los herbicidas al mezclarse con los 30 ó 40 cm que se remueve con la maquinaria agrícola.

Cuadro 4. Datos de crecimiento de lechuga para la determinación de fitotoxicidad.

| Herbicida | Dosis | Número de hojas | | Diámetro de cabeza (cm.) | |
|----------------|--------------------|-----------------|----|--------------------------|--------|
| | | (hojas/planta) | | 29 DDA | 38 DDA |
| | | 14 DDA | | | |
| Pendimetalina | 1.40 | 3.5 | c | 7.7 | 9.6 |
| Pendimetalina | 0.98 | 4.0 | bc | 9.7 | 10.0 |
| Pendimetalina | 0.56 | 3.9 | bc | 9.5 | 9.5 |
| Bensulide | 7.00 | 4.6 | b | 7.7 | 9.8 |
| Bensulide | 5.00 | 4.7 | ab | 9.8 | 9.4 |
| Pronamida | 3.00 | 4.3 | bc | 9.2 | 9.9 |
| Pronamida | 2.00 | 5.0 | ab | 10.0 | 9.6 |
| Pronamida | 1.00 | 4.7 | ab | 9.4 | 9.4 |
| Control manual | | 5.5 | a | 11.1 | 10.3 |
| | Probabilidad | 0.0107 | | 0.3929 | 0.1000 |
| | R ² (%) | 78 | | 33 | 58 |
| | CV. (%) | 15 | | 22 | 4 |

R²: ajuste del modelo; CV.: coeficiente de variación; DDA: días después de la aplicación;

t: Promedios en la misma columna con letras diferentes tienen diferencias significativas. Prueba Duncan (P<0.5).

Cuadro 5. Rendimiento de lechuga por hectárea usando herbicidas y control manual.

| Herbicida | Dosis ia/ha | Cabezas totales | Rendimiento de lechuga (t) | | |
|----------------|--------------------|--------------------|------------------------------|-----------|-----------------|
| | | | Cosecha total | Comercial | No comercial |
| Pendimentalina | 1.40 | 39861 | 12.6 | 7.4 | 5.6bct |
| Pendimentalina | 0.98 | 38611 | 14.7 | 10.4 | 4.4c |
| Pendimentalina | 0.56 | 46667 | 16.6 | 7.6 | 8.9ab |
| Bensulide | 7.00 | 47222 | 16.2 | 6.8 | 9.4 ab |
| Bensulide | 5.00 | 45417 | 13.8 | 4.4 | 9.4 ab |
| Pronamida | 3.00 | 46250 | 17.8 | 11.3 | 6.9 abc |
| Pronamida | 2.00 | 47361 | 18.1 | 8.0 | 10.1 a |
| Pronamida | 1.00 | 43333 | 11.8 | 4.1 | 7.7 abc |
| Control manual | | 48056 | 22.4 | 11.6 | 10.8a |
| | Probabilidad | 0.1843 | 0.1634 | 0.1634 | 0.0121 |
| | R ² (%) | 62 | 49 | 49 | 57 |
| | CV. % | 12 | 53 | 53 | 29 |

R²: ajuste del modelo; CV.: coeficiente de variación; t: toneladas; t: Promedios en la misma columna con las letras diferentes tienen diferencias significativas. Prueba Duncan ($P \leq 0.05$)

Cuadro 6. Poblaciones de nematodos en 100 g de suelo en el lote de pepino.

| Género | Muestras | | | | | | | |
|------------------------|----------|-----|----|-----|-----|-----|------|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| <i>Helicotylenchus</i> | 30 | 20 | 0 | 0 | 45 | 15 | 500 | 25 |
| <i>Meloidogyne</i> | 185 | 310 | 0 | 165 | 170 | 715 | 1062 | 65 |
| <i>Pratylenchus</i> | 55 | 60 | 50 | 120 | 145 | 85 | 687 | 20 |

Cuadro 7. Peso seco de plantas para determinar la residualidad de los herbicidas en el ciclo después de lechuga.

| Herbicida | Dosis (kg ia/ha) | Maíz (g) | | Pepino (g) | |
|----------------|---------------------|----------|--------|------------|--------|
| | | 14 DDS | 21 DDS | 14 DDS | 21 DDS |
| Pendimentalina | 1.40 | 1.6 | 3.2 | 1.6 | 3.2 |
| Pendimentalina | 0.98 | 1.9 | 4.5 | 1.9 | 4.5 |
| Pendimentalina | 0.56 | 1.5 | 4.7 | 1.5 | 4.7 |
| Bensulide | 7.00 | 1.4 | 1.5 | 1.4 | 1.5 |
| Bensulide | 5.00 | 1.6 | 2.4 | 1.6 | 2.4 |
| Pronamina | 3.00 | 1.5 | 2.9 | 1.5 | 2.9 |
| Pronamina | 2.00 | 1.6 | 2.2 | 1.6 | 2.2 |
| Pronamina | 1.00 | 1.5 | 3.2 | 1.5 | 3.2 |
| Control anual | | 2.2 | 3.2 | 2.2 | 3.2 |
| | Probabilidad | 0.112 | 0.1233 | 0.112 | 0.1233 |
| | R ² (%) | 35 | 40 | 35 | 40 |
| | CV. (%) | 24 | 52 | 24 | 52 |

R²: ajuste del modelo; CV.: coeficiente de variación; DDS: días después de las siembra

Pepino

La población de hojas anchas no tuvo diferencia con el control manual en ninguno de los tres muestreos realizados (Cuadro 8). En el control de gramíneas no existió diferencia a los 14 DDA, pero a los 31 DDA naptalam a 3 kg ialha tuvo una población de gramíneas mayor ($P=0.0004$) que la del control manual, los otros herbicidas no tuvieron diferencia. A los 41 DDA naptalam tuvo la misma población que el control manual. Se obtuvo menor población de gramíneas con clomazone en todas sus dosis, y con bensulide a 7 kg ialha ($P=0.0057$), en comparación al control manual, sin que exista diferencia significativa entre ellos (Cuadro 8). Esta diferencia se ve muy marcada al final del ciclo, aun cuando los coeficientes de variación son altos, pero observando la tendencia de disminución de la población, podría decirse que el herbicida necesita tiempo para ser absorbido y que su mecanismo de acción mate a la planta, por esto se tiene poblaciones muy bajas con diferencias significativas sólo hasta el final del ciclo.

A los 14 DDA las plantas de lechuga aplicadas con herbicidas no presentan diferencia en altura a las de los lotes de control manual, pero naptalam a 4 kg ialha redujo 33% ($P=0.0014$) el número de hojas de lechuga. A los 31 DDA naptalam a 4 y 3 kg ialha tuvieron menos hojas que el control manual en 47 y 29%, respectivamente (Cuadro 9). A los 41 DDA no se observó síntomas de fitotoxicidad y las plantas se uniformizaron en número de hojas. La superación de los síntomas de daños al avanzar el crecimiento del cultivo coincide con los resultados obtenidos por Al-Khatib *et al.* (1995), en donde se observó mayores porcentajes de daño en la planta a los 30 DDA que a los 45 DDA. Este retraso en el desarrollo de las plantas se debió a la acción de naptalam, en los otros herbicidas no se encontró diferencia en el crecimiento de las plantas.

Cuadro 8. Poblaciones de malezas utilizando herbicidas en pepino.

| Herbicida | Dosis (kg ia/ha) | Total hoja ancha (plantas/m ²) | | | Total gramínea (plantas/m ²) | | |
|----------------|---------------------|---|--------|--------|---|--------|--------|
| | | 14 DDA | 31 DDA | 41 DDA | 14 DDA | 31 DDA | 41 DDA |
| Naptalam | 4.00 | 6 | 44 | 5 | 41 | 132 b | 103 a |
| Naptalam | 3.00 | 7 | 34 | 24 | 63 | 225 at | 89 ab |
| Naptalam | 2.00 | 10 | 34 | 9 | 65 | 36 c | 36 abc |
| Clomazone | 1.12 | 29 | 18 | 15 | 33 | 20 c | 0 ct |
| Clomazone | 0.84 | 9 | 11 | 7 | 26 | 0 c | 5 c |
| Clomazone | 0.56 | 18 | 20 | 24 | 6 | 9 c | 4 c |
| Bensulide | 7.00 | 23 | 42 | 16 | 3 | 15 c | 11 c |
| Bensulide | 6.00 | 31 | 34 | 31 | 15 | 18 c | 51 abc |
| Bensulide | 5.00 | 23 | 18 | 24 | 59 | 29 c | 22 bc |
| Control manual | | 39 | 29 | 9 | 110 | 56bc | 83 ab |
| | Probabilidad | 1683 | 0.9238 | 0.2112 | 0.0723 | 0.0004 | 0.0057 |
| | R2(%) | 39 | 31 | 38 | 43 | 63 | 55 |
| | CV. % | 93 | 123 | 88 | 109 | 115 | 104 |

R2: ajuste del modelo; CV.: coeficiente de variación; DDA: días después de la aplicación;

t: Promedios en la misma columna con letras diferentes tienen diferencias significativas. Prueba Duncan ($P:::0.05$).

Cuadro 9. Datos de crecimiento de pepino para la determinación de fitotoxicidad.

| Herbicida | Dosis | Altura (cm.) | | Hojas por planta | |
|----------------|--------------------|-----------------|------------------|-------------------|-----------|
| | | 14 DDA | 14 DDA | 31 DDA | 41 DDA |
| Naptalam | | 12.3 | 2.8dt | 17.1c | 27.6 |
| Naptalam | | 11.3 | 3.3bcd | 23.2bc | 28.9 |
| Naptalam | | 14.7 | 3.3cd | 24.4ab | 28.8 |
| Clomazone | | 14.4 | 3.5ab | 26.2ab | 27.0 |
| Clomazone | | 13.3 | 3.4bcd | 26.2ab | 30.5 |
| Clomazone | | 15.9 | 3.7ab | 26.7ab | 27.1 |
| Bensulide | | 14.5 | 3.6a | 27.6ab | 25.0 |
| Bensulide | | 14.2 | 3.6ab | 30.2 ab | 26.0 |
| Bensulide | | 15.0 | 3.7 ^a | 28.3ab | 28.9 |
| Control manual | | 15.8 | 3.6abc | 32.6 ^a | 29.3 |
| | Probabilidad | 0.0671 | 0.0014 | 0.0123 | 0.4528 |
| | R ² (%) | 51 | 63 | 55 | 39 |
| | CV. (%) | 14 | 12 | 18 | 12 |

R2: ajuste del modelo; CV.: coeficiente de variación; DDA: días después de la aplicación;

t: Promedios en la misma columna con letras diferentes tienen diferencias significativas. Prueba Duncan (P<0.05).

La cantidad de pepinos comerciales y no comerciales fue igual al aplicar herbicidas y el control manual (Cuadro 10), sólo bensulide a 5 kg ia/ha redujo 24% (PSO.05) la cantidad total de pepinos cosechados, pero los pesos comerciales, no comerciales y totales no fueron diferentes. Un factor que pudo haber alterado los rendimientos del cultivo en el ensayo fue la alta población de nematodos existente en el terreno y su distribución no uniforme (Cuadro 6). Estos datos se pueden comparar con el promedio de producción de pepino de la Zamorano, que en el 2002 fue de 15.4 t/ha (promedio de 42 parcelas) y en el 2003 es de 16.1 t/ha (promedio de 52 parcelas) (Miselem, 2003/

Usando naptalam a 4 kg ia/ha el maíz presentó menos materia seca los 21 DDS; usando dosis menores, clomazone o bensulide a las dosis probadas, el crecimiento de maíz y lechuga en el siguiente ciclo no presentó diferencias estadísticas en comparación a las plantas que crecieron en los lotes donde se realizó control manual de malezas (Cuadro 11). Para sembrar estos ensayos no se removió el suelo, por lo que no se tomó en cuenta el factor de dilución que tendrían los herbicidas al mezclarse con 30 o 40 cm. que remueve el arado al preparar el terreno.

Cuadro 10. Rendimiento de pepino por hectárea utilizando herbicidas y control manual.

| Herbicida | Dosis ia/ha | Pepinos/ha | | | Peso (t/ha) | | |
|----------------|--------------------|------------|-----------|-------------|-------------|------|-------|
| | | Com | No com | Total | Com | com | Total |
| Naptalam | 4.00 | 103194a | 85694 | 188889 ab | 42.5 | 20.2 | 62.7 |
| Naptalam | 3.00 | 106250 a | 96250 | 202500 a | 46.6 | 23.3 | 69.9 |
| Naptalam | 2.00 | 85139 ab | 103194 | 188333 ab | 43.3 | 23.0 | 66.3 |
| Clomazone | 1.12 | 80972 ab | 102083 | 183056 abc | 39.8 | 23.7 | 63.5 |
| Clomazone | 0.84 | 95139 ab | 91389 | 186528 abc. | 45.9 | 19.2 | 65.0 |
| Clomazone | 0.56 | 71250 b | 86944 | 158194 bc | 34.2 | 19.5 | 53.8 |
| Bensulide | 7.00 | 78750 ab | 84028 | 162778 bc | 40.3 | 20.0 | 60.4 |
| Bensulide | 6.00 | 93056 ab | 97083 | 190139 ab | 47.2 | 22.1 | 69.3 |
| Bensulide | 5.00 | 70417 b | 80139 | 150556 ct | 33.1 | 19.3 | 52.3 |
| Control manual | | 93889 ab | 96667 | 190556 ab | 43.2 | 22.2 | 65.4 |
| | Probabilidad | 0.05 | 0.19 | 0.05 | 0.17 | 0.29 | 0.14 |
| | R ² (%) | 51 | 42 | 47 | 38 | 34 | 40 |
| | CV. % | 19 | 14 | 13 | 19 | 15 | 15 |

R²: ajuste del modelo; CV.: coeficiente de variación; DDS: días después de la siembra; com.: comercial; t: Promedios en la misma columna con letras diferentes tienen diferencias significativas.

Prueba Duncan ($P \leq 0.05$).

Cuadro 11. Peso seco de plantas para determinar la residualidad de los herbicidas en el ciclo después de pepino

| Herbicida | Dosis (kg ia/ha) | Maíz | Lechuga |
|----------------|---------------------|---------|---------|
| | | 21 DDS | 28 DDS |
| Naptalam | 4.00 | 28 dt | 1.9 |
| Naptalam | 3.00 | 5.0 ab | 3.1 |
| Naptalam | 2.00 | 3.8 bcd | 2.9 |
| Clomazone | 1.12 | 4.5 ab | 4.4 |
| Clomazone | 0.84 | 4.9 ab | 2.8 |
| Clomazone | 0.56 | 5.9 a | 3.1 |
| Bensulide | 7.00 | 3.1 cd | 3.6 |
| Bensulide | 6.00 | 3.0 cd | 4.1 |
| Bensulide | 5.00 | 4.0 bcd | 2.5 |
| Control manual | | 4.8 abc | 3.2 |
| | Probabilidad | 0.0052 | 0.1205 |
| | R ² (%) | 58 | 43 |
| | CV. (%) | 26 | 36 |

R²: ajuste del modelo; CV: Coeficiente de variación; DDS: días después de la siembra; T: Las medias son estadísticamente diferentes al control manual. Prueba Duncan ($P \leq 0.05$)

Resultados económicos

Debido a que no existieron diferencias estadísticas significativas en los rendimientos de lechuga y pepino, únicamente se analizaron los costos que varían en el experimento, dominando a los tratamientos que tienen costos más altos que el control manual (Cuadros 12 y 13).

Cuadro 12. Análisis de costos Que varían en lechuga.

| Herbicida | Dosis | Total costos que varían (\$/ha) | Dominancia | Reducción de costos (%) |
|----------------|-------|---------------------------------|------------|-------------------------|
| Pronamida | 3.00 | 896 | D | |
| Pronamida | 2.00 | 761 | D | |
| Control manual | | 686 | | 0 |
| Bensulide | 7.00 | 660 | | 4 |
| Pronamida | 1.00 | 643 | | 6 |
| Pendimentalina | 1.40 | 516 | | 25 |
| Bensulide | 5.00 | 504 | | 26 |
| pendimentalina | 0.98 | 446 | | 35 |
| pendimentalina | 0.56 | 406 | | 41 |

D: tratamiento dominado por tener mayor costo que el control manual.

Cuadro 13. Análisis de costos Que varían en pepino

| Herbicida | Dosis (kg ia/ha) | Total costos que varían (\$/ha) | Dominancia | Reducción de costos |
|----------------|------------------|---------------------------------|------------|---------------------|
| Bensulide | 7.00 | 206 | D | |
| Naptalam | 4.00 | 183 | D | |
| Bensulide | 6.00 | 179 | D | |
| Bensulide | 5.00 | 153 | D | |
| Naptalam | 3.00 | 143 | D | |
| Control manual | | 132 | | 0 |
| Naptalam | 2.00 | 102 | | 23 |
| Clomazone | 1.12 | 80 | | 40 |
| Clomazone | 0.84 | 65 | | 51 |
| Clomazone | 0.56 | 51 | | 62 |

D = tratamiento dominado por tener mayor costo que el control manual.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Lechuga

- Bensulide no presentó diferencias en control de malezas, fitotoxicidad en comparación al control manual de malezas ni residualidad en maíz y pepino, además es una alternativa para reemplazar al control manual pues redujo los costos en 4% usando 7 kg ia/ha y 26% con 5 kg ia/ha.
- Pendimentalina, a las dosis probadas, no presentó diferencias en control de malezas con el control manual, pero retrasó el crecimiento de las plántulas. Económicamente podría ser una alternativa al control manual ya que redujo los costos en 41% con 0.56 kg ia/ha, 35% con 0.98 kg ia/ha y 25% con 1.40 kg ia/ha. Además no es residual en maíz o pepino, en comparación a las plantas que crecieron en los lotes donde sólo se realizó control manual.
- Pronamida no presentó diferencias en control de malezas, ni fitotoxicidad a 1.0 y 2.0 ka ia/ba, ni afección al crecimiento de maíz y pepino en el siguiente ciclo en comparación al control manual. A 3.0 kg ia/ha retrasó el crecimiento de las plántulas en los primeros días después del transplante. Fue viable únicamente a 1.0 kg ia/ba, pues las dosis más altas tuvieron costos mayores que los obtenidos con el control manual.
- Se recomienda el uso de bensulide a 5.0 kg ia/ha como alternativa para el control manual de malezas, ya que no presentó diferencias en control con la dosis de 7.0 kg ia/ha, además no se observó fitotoxicidad ni residualidad y los costos fueron menores que los obtenidos en el control manual.
- Se recomienda el uso de pronamida a 1.0 kg ia/ha como alternativa para el control manual de malezas, ya que a dosis más altas aumentó costos y redujo el crecimiento de la lechuga.
- Se recomienda realizar más investigación con pendimentalina, utilizando dosis más bajas, para determinar su influencia en el crecimiento del cultivo, ya que su costo es bajo en comparación al control manual.

Pepino

- Bensulide no tiene diferencias estadísticas en control de malezas, fitotoxicidad y no es residual al maíz o lechuga, en comparación al control manual. No es viable para reemplazar el control manual pues aumentó los costos que varían, sin embargo no redujo los ingresos.
- Clomazone no tuvo diferencia estadística en control de hojas anchas pero tuvo mejor control de gramíneas que el control manual. No tuvo fitotoxicidad

hojas, además no es residual al maíz o lechuga en comparación al control manual de malezas. Económicamente es una alternativa para reemplazar el control manual, pues disminuye los costos en todas las dosis probadas.

- Naptalam no tuvo diferencias estadísticas en control de malezas, las dosis de 2 y 3 kg ia/ba no causaron fitotoxicidad al pepino, y no fue residual para lechuga y maíz. Sólo la dosis más baja de naptalam (2 kg ia/ha) es una alternativa para reemplazar al control manual pues redujo los costos que varían en un 23%, mientras que las otras dosis los incrementaron.
- Se recomienda el uso de clomazone a 0.56 kg /alba como alternativa al control manual, a dosis más altas puede retrasar el crecimiento e incrementar el costo.
- Se recomienda el uso de naptalam a 2 kg ia/ha ya que tuvo el mismo nivel de control de malezas que el control manual, no presentó fitotoxicidad, no fue residual y disminuyó los costos. Las dosis más altas incrementaron los costos que varían.

General

- Se recomienda realizar este experimento en la época lluviosa para tener menor variabilidad en las poblaciones de malezas, pues en la época seca sólo crecen donde están las fuentes de agua.
- Antes de hacer experimentos en campo hacer un análisis de nematodos, para utilizar su población por unidad experimental como una covariable y poder separar la variación que ellos producen de la variación del error experimental.
- Se recomienda investigar el mercado para poder conseguir a menores precios de los herbicidas que tuvieron buenos resultados agronómicos, pero que aumentan los costos de la producción.

BIBLIOGRAFIA

Al-Khatib, K; Kadir, S.; Libbey, C. 1995. Broadleafweed control with clomazone in pickling cucumber (*Cucumis sanvus*). *Weed Technology* 9:166-172.

CIMMYT. 1998. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. Edición completamente revisada. México DF., México: CIMMYT. 79 p.

Frans, E.; Talbert, R 1977. Research methods in weed science. 2da. oo. Arkansas, U.S.A. p. 16-23.

Gasper, J.; Street, I. Harrison, K; Pound, W. 1994. Pendimethalin efficacy and dissipation in turf grass as influenced by rainfall incorporation. *Weed Science* 42:586-592.

Mersie, W.; Elliot, I. 1993. Selectivity of Pronamide and trifluralin in belgian endive (*Cychorium intybus*). *Weed Technology* 7: 226-229.

Miller, I.; Bellinder, R; Xu, B.; Rauch, B.; Goffinet, M.; Welser, M. 2003. Cabbage (*Brassica oleracea*) response to pendimethalin applied posttransplant. *Weed Technology* 17: 256-260.

Motsenbocker, C.; Bonnano, R 1998. The influence of herbicides on the growth and

yield of muskmelons (*Cucumis melo*). *Weed Science* 36:234-238.

Rohm and Hass, 1999. Label Manual. Agricultural Chemicals. p. 69-

77

Salzman, F.; Renner, A.; Penner, D. 1992. Absorption, translocation and metabolism of clomazone, metribuzin and linuron in soybean (*Glycine max*) and common cocklebur (*Xanthium strumarium*). *Weed Science* 40:395-401.

Vencill, K (ed). 2002. Herbicide Handbook. Octava Edición. Lawrence, Weed Science Society of America. p. 44-340.

Werling, V.; Buhler, D. 1998. Influence of Application time on clomazone activity in no-till soybeans (*Glycine max*). *Weed Science* 36:629-635.