



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

**DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA
AGRÍCOLA**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS EN
PROTECCIÓN VEGETAL**

Polygonum convolvulus, MALEZA
CUARENTENADA EN MÉXICO: MANEJO QUÍMICO
BAJO CONDICIONES DE CAMPO E INVERNADERO

TESIS

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS EN PROTECCIÓN VEGETAL**

PRESENTA:

XANITZIO IVÁN MAGDALENO AGUILAR



DIRECCIÓN GENERAL ACADÉMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXÁMENES PROFESIONALES

CHAPINGO, ESTADO DE MEXICO, SEPTIEMBRE DE 2012

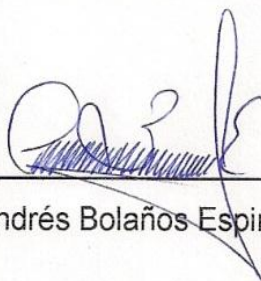


***Polygonum convolvulus*, MALEZA CUARENTENADA EN MÉXICO: MANEJO QUÍMICO BAJO CONDICIONES DE CAMPO E INVERNADERO**

Tesis realizada por Xanitzio Iván Magdaleno Aguilar bajo la dirección de los Drs. Andrés Bolaños Espinoza y Mateo Vargas Hernández, y asesorada por el Dr. Juan Fernando Solís Aguilar, aprobada por los mismos y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

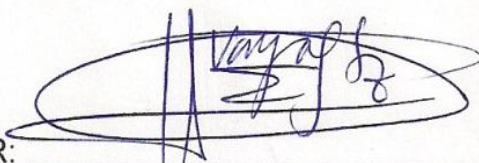
MAESTRO EN CIENCIAS EN PROTECCIÓN VEGETAL

DIRECTOR:



Dr. Andrés Bolaños Espinoza

CO-DIRECTOR:



Dr. Mateo Vargas Hernández

ASESOR:



Dr. Juan Fernando Solís Aguilar

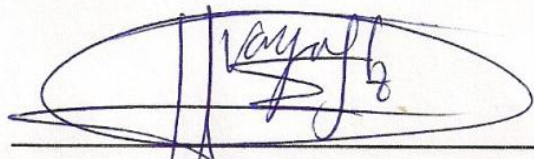
***Polygonum convolvulus*, MALEZA CUARENTENADA EN MÉXICO: MANEJO QUÍMICO BAJO CONDICIONES DE CAMPO E INVERNADERO**

El jurado que revisó y aprobó el examen de grado de Xanitzio Iván Magdaleno Aguilar autor de la presente tesis de Maestría en Ciencias en Protección Vegetal estuvo constituido por:

PRESIDENTE:


Dr. Andrés Bolaños Espinoza

ASESOR:


Dr. Mateo Vargas Hernández

ASESOR:


Dr. Juan Fernando Solís Aguilar

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por permitirme disfrutar de esta gran experiencia: la vida.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apreciable apoyo que nos brindo para poder concluir los estudios de grado.

A la Universidad Autónoma Chapingo, por las facilidades brindadas en el desarrollo profesional.

Al Dr. Andrés Bolaños Espinoza, por su acertada dirección en el desarrollo de este proyecto, su amistad y sus apreciables consejos.

Al Dr. Mateo Vargas Hernández, por su colaboración en el trabajo, su amistad y el gran apoyo aportado.

Al Dr. Juan Fernando Solís Aguilar, por su valioso apoyo en la revisión del trabajo y su gran amistad.

Al M.C. Alfonso Cano Hernández y al Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de México, por el apoyo prestado en el desarrollo del trabajo.

A la Familia, por la gran confianza que siempre me brindan y su apoyo en todos los casos.

Al grupo de Técnicos del Área de Malezas (Oscar, Peregrino y Guadalupe), por su especial apoyo en el trabajo realizado.

A los profesores del Posgrado en Protección Vegetal: Dr. Marban, Dr. Acosta, Dr. Pedroza, Dra. Valadez, Dr. Leyva, M.C. Segura, por su amistad y el gran conocimiento ofrecido en estos años.

A los amigos Fernando, Carmen, Esteban, Mario, Juan, Argelia, German, Gladis, Gerardo, Josué, Carlos, Ángel, Cruz, Magda, Abelardo, Pancho, Luis, con los que siempre compartimos bonitas experiencias y conocimientos.

DEDICATORIA

Dedico este importante logro a la familia, quienes siempre me han apoyado, brindado su amor y confianza.

GRACIAS

DATOS BIOGRÁFICOS

El Ing. Xanitzio Iván Magdaleno Aguilar nació el 3 de septiembre de 1988 en el municipio de Candelaria, estado de Campeche. Concluyó sus estudios de primaria y secundaria en el municipio durante los años 1994-2003.

En 2003 ingresó a la Preparatoria Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo. En el año 2006 inició sus estudios superiores en la carrera “Ingeniero Agrónomo Especialista en Parasitología” en la UACH. En el año 2010 obtuvo el Título de Ingeniero Agrónomo Especialista en Parasitología Agrícola mediante la modalidad de tesis y examen profesional.

En el año 2010 se incorporó al programa de “Maestría en Ciencias en Protección Vegetal” en la Universidad Autónoma Chapingo, la cual concluyó en el año 2012, obteniendo el grado de Maestro en Ciencias en Protección Vegetal.

CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT	xiii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 La enredadera anual (<i>Polygonum convolvulus</i>).....	3
2.1.1 Nombres comunes	3
2.1.2 Morfología.....	3
2.1.3. Hábitat	4
2.1.4. Distribución.....	5
2.1.5 Biología y Ecología.....	6
2.1.6 Impacto Ecológico	7
2.2. Medidas de control de <i>P. convolvulus</i>	8
2.2.2 Control cultural.....	9
2.2.3 Control químico.....	10
2.2.3.1 Tolerancia de <i>Polygonum convolvulus</i> a herbicidas.....	13
2.2.3.2 Tolerancia a glifosato.....	13
2.2.4 Control biológico	13
3. MATERIALES Y MÉTODOS	15
3.1 Experimento en campo	15
3.1.1 Localización.....	15
3.1.2 Preparación del suelo y siembra.....	15
3.1.3 Corroboración de la especie	15
3.1.4. Diseño experimental y tratamientos	15
3.1.5. Aplicación de tratamientos.....	17
3.1.6. Variables respuestas y análisis de datos.....	17
3.2. Bioensayos en invernadero.....	18
3.2.1 Localización.....	18
3.2.2 Tratamiento a la semilla de <i>Polygonum convolvulus</i>	18
3.2.3 Diseño experimental y tratamientos	19
3.2.4 Aplicación de tratamientos	19

3.2.5 Variable respuesta y análisis de datos.....	20
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
4.1 Experimento en campo	23
4.1.1 Malezas predominantes	23
4.1.2 Control.....	24
4.1.2.1 <i>Polygonum convolvulus</i>	24
4.1.2.2 <i>Lopezia racemosa</i>	26
4.1.2.3 <i>Commelina coelestis</i>	27
4.1.2.4 <i>Brassicaceas</i>	27
4.1.2.5 Total no ponderado	28
4.1.2.6 Total ponderado 1	28
4.1.2.7 Total ponderado 2	30
4.2 Bioensayos en invernadero.....	30
4.2.1 Bioensayo 1	31
4.2.2 Bioensayo 2.....	33
5. CONCLUSIONES	35
5.1 Experimento en campo.	35
5.2 Bioensayos en invernadero.....	35
6. LITERATURA CITADA.....	36
7. ANEXOS.....	45

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Datos del experimento de Istilart (2003). Referencias: C=Buen Control; CP=Control parcial; I=Control Insuficiente.....	12
Cuadro 2. Tratamientos evaluados en trigo sobre <i>Polygonum convolvulus</i> en San Francisco Acuautla, Ixtapaluca, Estado de México. 2011.....	16
Cuadro 3. Herbicidas aplicados sobre <i>Polygonum convolvulus</i> bajo condiciones de invernadero (bioensayo 1). Chapingo, México. 2012.....	21
Cuadro 4. Herbicidas aplicados sobre <i>Polygonum convolvulus</i> bajo condiciones de invernadero (bioensayo 2). Chapingo, México. 2012.....	22
Cuadro 5. Porcentaje de control de <i>Polygonum convolvulus</i> en el cultivo de trigo. San Francisco Acuautla, Ixtapaluca, Estado de México. 2011.....	24
Cuadro 6. Porcentaje de control de <i>Lopezia racemosa</i> en el cultivo de trigo. San Francisco Acuautla, Ixtapaluca, Estado de México. 2011.....	26
Cuadro 7. Porcentaje de control de <i>Commelina coelestis</i> en el cultivo de trigo. San Francisco Acuautla, Ixtapaluca, Estado de México. 2011.....	27
Cuadro 8. Porcentaje de control de Brasicaceas en el cultivo de trigo. San Francisco Acuautla, Ixtapaluca, Estado de México. 2011.....	28
Cuadro 9. Total No Ponderado del porcentaje de control por herbicida en el cultivo de trigo. San Francisco Acuautla, Ixtapaluca, Estado de México. 2011.....	29
Cuadro 10. Total Ponderado 1 mostrando los controles con respecto a la abundancia de especies en el cultivo de trigo. San Francisco Acuautla, Ixtapaluca, Estado de México. 2011.....	29

Cuadro 11. Total Ponderado 2 mostrando los controles con respecto a la importancia económica, estatus cuarentenario y agresividad de especies en el cultivo de trigo. San Francisco Acuatla, Ixtapaluca, Estado de México. 2011.....	30
Cuadro 12. Porcentaje de control de <i>Polygonum convolvulus</i> , mediante herbicidas aplicados en maíz, en condiciones de invernadero. Chapingo, Estado de México. 2012.....	32
Cuadro 13. Porcentaje de control de <i>Polygonum convolvulus</i> , en condiciones de invernadero. Chapingo, Estado de México. 2012.....	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Plantas de <i>P. convolvulus</i> en el cultivo de trigo. San Francisco Acuautla, Ixtapaluca, Estado de México. 2011.....	16
Figura 2. Aplicación de tratamientos químicos en las parcelas experimentales. San Francisco Acuautla, Ixtapaluca, Estado de México. 2011.....	17
Figura 3. Semillas de <i>Polygonum convolvulus</i>	20
Figura 4. Semillas de <i>Polygonum convolvulus</i> tratadas con ácido sulfúrico concentrado.	20
Figura 5. Lijas utilizadas para escarificar las semillas de <i>Polygonum convolvulus</i>	20
Figura 6. Ácido giberélico a 100ppm.	20
Figura 7. Semillas de <i>Polygonum convolvulus</i> sin pericarpio en cajas Petri.....	20
Figura 8. Semillas de <i>Polygonum convolvulus</i> germinando.	20
Figura 9. Plantas de <i>Polygonum convolvulus</i> de 3 cm de edad.....	21
Figura 10. Plantas de <i>Polygonum convolvulus</i> de 8-10 cm de edad.	21
Figura 11. <i>Polygonum convolvulus</i> . San Francisco Acuautla, Ixtapaluca, Estado de México. 2011.....	23
Figura 12. Género <i>Brassicaceas</i> . San Francisco Acuautla, Ixtapaluca, Estado de México. 2011.....	23
Figura 13. <i>Lopezia racemosa</i> . San Francisco Acuautla, Ixtapaluca, Estado de México. 2011.....	23
Figura 14. <i>Commelina coelestis</i> . San Francisco Acuautla, Ixtapaluca, Estado de México. 2011.....	23
Figura 15. Efectos del bromoxynil a los 4 DDA. San Francisco Acuautla, Ixtapaluca, Estado de México. 2011.....	25

Figura 16. Efectos del triasulfuron a los 18 DDA. San Francisco Acuatla, Ixtapaluca, Estado de México. 2011.....	25
Figura 17. Efectos del picloram + 2,4-D a los 18 DDA. San Francisco Acuatla, Ixtapaluca, Estado de México. 2011.....	25
Figura 18. Efectos del fluroxypir a los 18 DDA. San Francisco Acuatla, Ixtapaluca, Estado de México. 2011.....	26
Figura 19. Efectos del bromoxynil a los 7 DDA. Chapingo, Estado de México. 2012.....	32
Figura 20. Efectos de la mezcla picloram + 2,4-D a los 7 DDA. Chapingo, Estado de México. 2012.....	32
Figura 21. Efectos de la mezcla metolaclor + atrazina + mesotrione a los 7 DDA. Chapingo, Estado de México. 2012.....	32
Figura 22. Efectos del paraquat a los 3 DDA. Chapingo, Estado de México. 2012.....	34
Figura 23. Efectos de atrazina a los 7 DDA. Chapingo, Estado de México. 2012.....	34
Figura 24. Efectos de atrazina + dicamba a los 7 DDA. Chapingo, Estado de México. 2012.....	34
Figura 25. Efectos de la mezcla metolaclor + atrazina + mesotrione a los 7 DDA. Chapingo, Estado de México. 2012.....	34

***Polygonum convolvulus*, MALEZA CUARENTENADA EN MÉXICO: MANEJO QUÍMICO BAJO CONDICIONES DE CAMPO E INVERNADERO**

***Polygonum convolvulus*, A QUARANTINED WEED IN MEXICO: CHEMICAL TRIALS UNDER FIELD AND GREENHOUSE CONDITIONS**

Xanitzio Iván Magdaleno Aguilar¹; Andrés Bolaños Espinoza²; Mateo Vargas Hernández² y Alfonso Cano Hernández³

RESUMEN

Polygonum convolvulus es una especie considerada cuarentenada. En presencia de altas densidades y en condiciones propicias para su desarrollo, disminuye los rendimientos hasta en 70%, daños que varían de acuerdo al cultivo. Durante los años 2011 y 2012 se realizaron experimentos con el objetivo de encontrar opciones de herbicidas para el control de esta especie exótica en trigo en Ixtapaluca, Estado de México y pruebas en invernadero en Chapingo, México, con herbicidas para maíz. En campo los mejores resultados se mostraron a los 31 días después de la aplicación (DDA) con los herbicidas bromoxynil, picloram + 2,4-D, triasulfuron y fluroxypir, con controles superiores al 86%. En invernadero los mejores controles se dieron a los 14 DDA, con los herbicidas bromoxynil, picloram + 2,4-D, metolaclor + atrazina + mesotrione, paraquat, atrazina y atrazina + dicamba, con efectos del 100%. *Polygonum convolvulus* exhibió tolerancia al glifosato.

Palabras clave: herbicidas, efectividad, planta exótica.

ABSTRACT

Polygonum convolvulus is a quarantined weed. High densities and well growing conditions evolve in crop yields losses in about 70%. Along the years 2011 and 2012 field experiments were made in order to find herbicides options to control this exotic weed in wheat in the municipality of Ixtapaluca, México State. Also trials in greenhouse using products that can be used in maize, these were performed in Chapingo, Mexico. In field conditions the best results were shown after 31 days of the application, the best-controlling herbicides were bromoxynil, picloram + 2,4-D, triasulfuron and fluroxypir, reaching above 86% of control. In the greenhouse trials the best results were shown 14 days after spray application. The products were bromoxynil, picloram + 2,4-D, metolaclor + atrazina + mesotrione, paraquat, atrazina and atrazina + dicamba, which obtained 100% of control compared against the untreated control. *Polygonum convolvulus* showed tolerance to glyphosate.

Key words: herbicides, effectivity, exotic plant.

¹ Tesista

² Profesor investigador de la Universidad Autónoma Chapingo

³ Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de México (CESAVEM)

1. INTRODUCCIÓN

Polygonum convolvulus está ubicada como maleza perjudicial en 20 cultivos de 41 países y es, o puede ser, una maleza problema en casi todos los cultivos de zonas templadas. A nivel mundial, la maleza es más problemática en cereales, especialmente en Argentina, Canadá, Kenia, Sudáfrica y Estados Unidos. Las plántulas emergen a través de todo el ciclo de cultivo, reduciendo los rendimientos, el peso de los granos y el contenido de proteínas mediante la competencia directa (NAPPO, 2003; Holm *et al.* 1991).

Además de competir por nutrientes, luz, y humedad, la enredadera negra ocasiona dificultades en la cosecha, al enredarse a las partes móviles de las cosechadoras, por lo que causa fallas mecánicas. En granos almacenados, grandes cantidades de semilla de la enredadera anual pueden producir deterioro debido a que el contenido de humedad de la semilla eleva la temperatura dentro del compartimiento de los granos, así estos se deterioran permitiendo el crecimiento de hongos. Así mismo, la enredadera anual es una planta hospedera de varios agentes causales de enfermedades en cultivos, incluyendo amarillamientos causados por virus en remolachas y cucurbitáceas, virus del mosaico de la alfalfa, y el virus del mosaico del tabaco (Forsberg y Best, 1964).

Polygonum colvolvulus constituye un factor limitante en la producción de los cultivos de cereales a nivel mundial, también causa pérdidas en rendimiento de papa, remolacha y hortalizas. Es más común en áreas cultivadas, aunque también se puede encontrar en bordes de caminos, cercas, áreas donde se encuentran los desechos de cultivos, etc. La emergencia de esta maleza en los lotes de trigo se produce tarde, cuando el trigo inicia su etapa reproductiva. Debido a su sistema radical profundo, es poco afectada por la sequía o bajos niveles de nitrógeno. Por el contrario, altos niveles de nutrientes promueven su crecimiento y abundancia. Se adapta mejor a suelos arcillosos (Holm *et al.* 1991).

El género *Polygonum* fue circunscrito por Lineo en términos muy generales, lo que hizo que posteriormente fuera dividido en subgéneros por otros autores. *Fallopia convolvulus* frecuentemente es citada como sinónimo de *P. convolvulus* (USDA, 1999).

Actualmente en México esta especie se encuentra catalogada como cuarentenada, es una especie exótica que por su historial en cuanto a impactos fitosanitarios en los cultivos que ataca, es fundamental su monitoreo, en caso de no contar con ella de manera regional o nacional; cuando se detecta su presencia, resulta primordial su control y/o erradicación, pues afecta la distribución, comercialización y fitosanidad de cultivos de importancia económica y/o ecológica. A la fecha esta planta se encuentra presente en los estados de México, Hidalgo, Puebla, Querétaro, Tlaxcala, Zacatecas, y Guanajuato, con una superficie total afectada de 614.4 ha (SENASICA, 2010).

Para el manejo de esta maleza se recurren a algunos métodos como la labranza, la cual tiene poco éxito para el control de la enredadera anual, debido a que esta especie cuenta con un gran banco de semillas en el suelo (Holm *et al.* 1991). El control manual es efectivo si se monitorea y se realiza constantemente. Un gran número de herbicidas aplicados solos o en mezclas han sido usados para el control de la enredadera anual. Por lo antes expuesto se realizó un estudio cuyos objetivos fueron:

1.1 Objetivos

- Evaluar los efectos de herbicidas ampliamente selectivos en trigo, para el control de *Polygonum convolvulus*, en condiciones de campo en el Municipio de Ixtapaluca, estado de México.
- Determinar la actividad biológica de herbicidas selectivos y no selectivos en maíz para el control de *Polygonum convolvulus*, en condiciones de invernadero.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 La enredadera anual (*Polygonum convolvulus*)

2.1.1 Nombres comunes

Dentro los principales nombres con los que se conoce a esta especie son: Correhuela anual, alforfón silvestre, enredadera negra, enredadera del maíz, hiedra, enredadera trepadora, enredadera de nudo, lazo de oso, lazo del maíz (NAPPO, 2003).

2.1.2 Morfología

P. convolvulus es una hierba anual trepadora, con una raíz delgada, en forma de eje y profunda, la cual es a menudo muy ramificada. El tallo es esbelto, de 5 a 250 cm de largo, con largos internudos. Es ampliamente ramificado en la base, liso a ligeramente rugoso, verdoso, a veces de un tinte verdoso, arrastrándose en el suelo o enrollándose alrededor de las plantas. Las hojas son alternadas, de 2 – 6 cm de largo, con un gran peciolo, elongadas, ovaladas, puntiagudas, en forma de corazón o de flecha (Figura 10). La hoja estipula es una ocrea con márgenes lisos. Las flores son pequeñas, inconspicuas, mayores a 5 mm en diámetro, y agrupadas en racimos axilares cortos de 2 a 6 flores o en una terminal interrumpida o en racimos parecidos a espigas. El perianto es verde rojizo, con centro blanco y a lo largo de los márgenes; los pedicelos cortos están articulados cerca del extremo superior. El fruto es un aquenio triangular, de 3 – 4 mm de longitud, x 2,0 – 2,3 mm de ancho, con una base obtusa y punta puntiaguda, minuciosamente sin hueso, cafésoso a oscuro, pálido, después de la maduración es encerrado de alguna manera por hojas exteriores enlarguecidas, trígonos con ángulos manifiestos; base redondeada, ápice agudo (en aquenios bien llenos el ángulo apical de cada cara llega a los 90°); caras de igual ancho, levemente cóncavas en frutos inmaduros y planas a la madurez. Superficie finamente rugoso-estriada longitudinalmente, los ángulos más lisos y

brillantes (figura 3). Color negro. Perigonio aplicado contra las caras del aquenio, apenas más largo que éste; superficie rugoso-pulverulenta; color pajizo o ligeramente castaño (Holm *et al.* 1991).

Las plántulas tienen cotiledones grandes, de 7 – 33 mm de longitud, siendo 4 veces más largos que anchos, con lados obtusos. La superficie superior de la hoja es verde oscura y la parte inferior de la hoja es verde clara, con una nervadura central distintiva. Los cotiledones ampliados generalmente asumen un ángulo de 120 grados, en lugar de ser opuestos, en la punta del cual aparece la hoja primaria (Figura 9). Mientras crece, la hoja primaria está a menudo enrollada lateralmente, con un tinte azulado o rojizo (Schwör *et al.* 1970).

2.1.3. Hábitat

P. convolvulus es más común en tierras cultivadas, pero puede ser encontrada en terrenos baldíos, en matorrales, a la orilla de caminos, sobre cercas, y repentinamente en pastizales a la orilla de los ríos (Hume, 1993). A causa de su profundo sistema radicular, es poco afectada por inundación o bajos niveles de nitrógeno. Sin embargo, los altos niveles de nutrientes promueven el crecimiento y abundancia de *P. convolvulus* (Bröutigam, 1995). En experimentos de campo establecidos en Polonia, *P. convolvulus* predominó en parcelas fertilizadas con nitrógeno y calcio (Borowiec *et al.* 1985). Sin embargo, Zwerger (1990) solo pudo encontrar un efecto positivo de la fertilización con nitrógeno en la producción de semillas a bajas densidades de la maleza. A altas densidades, el efecto de competencia intraespecífica se vuelve más importante que la fertilización nitrogenada. Sirbu y Slonovschi (1989) encontraron que la reserva de nutrientes de las semillas de *P. convolvulus* se incrementa con un aumento en la fertilización con fosfatos. En un estudio involucrando la distribución de varias malezas comunes en Dinamarca, en donde se disminuyó el contenido de potasio en el suelo, mostró favorecer la prevalencia de *P. convolvulus* (Andreasen *et al.* 1991). De acuerdo con Hanf (1982), es una de las malezas más comunes en suelos con bajo pH. *P. convolvulus* prospera en un amplio rango de tipos de suelo (Hume *et al.* 1983), pero de acuerdo a Paatela y Erviö (1971) es menos común en suelos turbosos. En

observaciones de campo en Finlandia, *P. convolvulus* fue más abundante en arcilla que en suelos con cuarzo mineral u orgánicos (Erviö *et al.* 1994). Altas tasas de emergencia de *P. convolvulus* son registradas en suelos con un contenido alto de arcilla.

De acuerdo a Karczmarczyk *et al.* (1983), quien estudió la influencia del riego en papa, remolacha y las malezas asociadas a estos cultivos, *P. convolvulus* predomina en parcelas no irrigadas. Haman y Peeper (1983), reportaron que el crecimiento de *P. convolvulus* es estimulado por la sombra.

Los principales cultivos afectados son *Triticum aestivum* (trigo), *Hordeum vulgare* (cebada), *Secale cereale* (centeno), *Avena sativa* (avena), *Zea mays* (maíz), *Linum usitatissimum* (lino), *Glycine max* (soya), *Solanum tuberosum* (papa), *Brassica spp.*, y *Beta vulgaris var. saccharifera* (remolacha). Hospedantes secundarios incluyen *Spinacia oleracea* (espinaca), *Asparagus officinalis* (esparrago), *Helianthus annuus* (girasol), *Medicago spp.*, *Allium cepa* (cebolla), *Daucus carota* (zanahoria), *Gossypium spp.*, *Pisum sativum* (chicharo) y *Phaseolus vulgaris* (frijol) (Mazorcca, 1979 y NAPPO, 2003).

2.1.4. Distribución

P. convolvulus es una maleza de clima templado, nativa de Eurasia, aunque debido a su plasticidad prospera en casi todas las regiones del mundo. En Europa y Norte América crece en todas las zonas agrícolas, pero es menos frecuente en el sur (Franzini, 1982). En Canadá es reportada como una de las malezas más abundantes, estando presente en el 60 - 80% de todos los campos en las provincias de Alberta, Manitoba, Saskatchewan y la Isla del Príncipe Edward (Hume *et al.* 1983). Se le encuentra en todos los estados de Estados Unidos (USDA, NRCS. 2002) y también es encontrada en el continente Sudamericano (CABI, 2002). En África está presente en Marruecos y Túnez, sobre la costa este y en Sudáfrica. En Asia, sus rangos de distribución geográfica van de Japón a Irán, bajando por India e Indonesia. *P. convolvulus* puede ser encontrada en Australia y Nueva Zelanda. No es común en los trópicos húmedos, y en zonas calientes, es más común a grandes altitudes o en valles fríos (Holmet *et al.* 1991).

2.1.5 Biología y Ecología

De acuerdo a Hanf (1982), una planta de *P. convolvulus* produce de 100 a 1000 semillas. Sembrada sin competencia, Stevens (1947) reportó una fecundidad de 11,900 semillas por planta, y Forsberg y Best (1964) obtuvieron más de 30,000 semillas de una planta que emergió a inicios de la temporada de cultivo. Las semillas tienen una profunda dormancia primaria por varios meses cuando está madura (Zwerger, 1993) debido principalmente al pericarpio duro, el cual limita el intercambio gaseoso y de agua, y actúa como una barrera para la germinación (Timson, 1966). Bajo condiciones de campo, la mayoría de las semillas de *P. convolvulus* germinan en el primer año (Chepil, 1946), pero pueden permanecer viables en el suelo por varios años (Holm *et al.* 1991), Chippendale y Milton (1934) encontraron semillas viables después de aproximadamente 22 años en el suelo en presencia de pasto.

Una simple planta de enredadera negra puede producir 12,000 semillas en una temporada, aunque solo el 3% de las semillas germinan después de alcanzar la madurez fisiológica. El otro 97% permanece en dormancia y pueden germinar si son expuestas a temperaturas de 37°F a 41°F por ocho semanas. Cerca del 75% de las semillas son viables inicialmente, pueden permanecer viables en el suelo por cinco años (Chepil, 1946).

Los mayores porcentajes de emergencia de plántulas ocurren a una profundidad de 1.25 a 5 cm (Chancellor, 1964). La emergencia de las plántulas sucede a través de la temporada de cultivo hasta principios de otoño con un pico de emergencia en el primer periodo cálido hasta principios de primavera (Forsberg y Best, 1964). De acuerdo con Lauer (1953), las semillas de *P. convolvulus* germinan a temperaturas de 2 – 30 °C, con una máxima tasa entre 2 – 5 °C. Zwerger (1987) obtuvo germinación óptima a temperaturas alternadas entre 5 y 15°C.

La enredadera negra empieza a germinar muy temprano en la primavera durante el primer periodo caliente, en Kansas inicia a principios de marzo y en Dakota del Norte en abril. La mayor cantidad de semilla de la enredadera negra germina a mediados de junio. Después de eso, las germinaciones son de manera intermitente hasta septiembre (Stevens, 1947; Vanden Born y Corns, 1958).

La planta de *P. convolvulus* tiene un largo y fibroso sistema radical el cual puede profundizar 80 cm dentro del suelo (Kutschera, 1960), permitiéndole evadir condiciones de sequía. Las flores de *P. convolvulus* son bisexuales y autocompatibles (Mulligan y Findlay, 1970) y cada una produce un aquenio simple. En Europa, las plantas con flores se pueden encontrar a través del verano hasta la mitad del otoño (Hanf, 1982). Como un resultado de un hábito de floración indeterminada, flores, semillas inmaduras y semillas maduras pueden ser encontradas al mismo tiempo en una planta.

El hábito trepador de la enredadera anual le permite obtener luz solar al crecer sobre cultivos más altos. También se puede propagar horizontalmente y rápidamente cubrir el suelo desnudo, permitiéndole maximizar su aprovechamiento de la luz solar. El crecimiento del tallo incrementa cuando la temperatura aumenta, pero se detiene bajo condiciones de calor y sequía y cuando las plantas entran a la fase reproductiva (NAPPO, 2003).

Estudios sobre su crecimiento en Saskatchewan demostraron que las semillas de la enredadera anual sembradas entre el 15 de abril y el 15 de julio tardaron en promedio 17 días para emerger, 28 días para llegar a primera y segunda hoja, 31 días para la tercera hoja, 50 días para la primera vaina, y 61 días para producir la primera flor (Forsberg y Best, 1964).

2.1.6 Impacto Ecológico

La enredadera negra tiene la habilidad de cubrir rápidamente suelos desnudos. Las semillas y hojas son alimento importante para pájaros (Wilson *et al.* 1999). La enredadera negra es una hospedera alternativa para un número de hongos, virus, y algunas especies de nematodos (Royer y Dickinson, 1999). Puede prevenir el establecimiento de especies nativas.

Las investigaciones sobre la competitividad de la enredadera anual con cultivos en hileras son limitadas. Sin embargo estudios muestran que la competencia que ejerce esta especie causa pérdidas en rendimiento sobre todo en cultivos de grano

pequeño. Resultados de competencia en trigo mostraron que la enredadera anual es más competitiva que la cola de zorra pero menos competitiva que kochia, la mostacilla, avena loca, y girasol (Friesen y Shebeski, 1960).

2.2. Medidas de control de *P. convolvulus*

2.2.1. Control legal

La Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV) es la dependencia oficial para normar la certificación de semillas y limitar el número de semillas de malezas que pueden estar en los granos que se venden comercialmente para la siembra (Arroyo, 1981). También se encarga de vigilar el movimiento o traslado de la maquinaria agrícola, ya que es uno de los principales medios de diseminación de las partes vegetativas y semillas de malezas (Hernández, 1984).

La DGSV, facultada en la Ley Federal de Sanidad Vegetal, es la encargada de publicar las normas oficiales fitosanitarias. En las normas oficiales se incorporan los requisitos, especificaciones y procedimientos correspondientes a la protección vegetal para las importaciones, comercializaciones y exportaciones de los vegetales, sus productos y subproductos. La necesidad de importar semillas agrícolas y granos a México para fomentar la producción agrícola, exige el establecimiento de medidas fitosanitarias para evitar el ingreso de plagas exóticas. Todas las semillas agrícolas de importación se muestrean en puntos de ingreso a territorio nacional y, derivado de ese muestreo, se ha detectado la presencia de maleza cuarentenaria en forma recurrente en algunos productos de importación; lo anterior obligó a publicar la norma "NOM-O43-FITO-1999, especificaciones para prevenir la introducción de malezas cuarentenarias a México". La Norma Oficial Mexicana NOM-043-FITO-1999, tiene por objeto establecer las especificaciones para prevenir la introducción y el eventual establecimiento y dispersión de especies de maleza de importancia cuarentenaria y es aplicable a las especies de maleza señaladas en el documento, los vegetales, sus productos y subproductos no procesados; materiales y equipo utilizados como embalaje o empaque; los campos de producción, centros de acopio y comercializadoras de granos y/o semillas agrícolas susceptibles de ser portadoras

de malezas de importancia cuarentenaria que hayan ingresado a México y los transportes utilizados para su movilización internacional y nacional (SENASICA, 2010).

2.2.2 Control cultural

De acuerdo a Holm *et al.* (1991), los implementos de labranza y las rotaciones de cultivos tienen solo un limitado éxito en el control de *P. convolvulus* debido a su gran banco de semillas, la habilidad de las semillas de emerger desde gran profundidad, la emergencia persistente de nuevas plántulas a través de la temporada de cultivo y a las grandes cantidades de semillas producidas por las plántulas.

Sin embargo, la enredadera anual a menudo infesta las regiones semiáridas de los Estados Unidos, donde el control de malezas se basa principalmente en herbicidas más que en labranza. Estas localidades utilizan labranza mínima o sistemas de labranza cero para conservar la humedad del suelo y prevenir la erosión. Las siembras tardías pueden proporcionar algo de control sobre la enredadera matando las plántulas que emergen temprano mediante la preparación del terreno o con aplicación de herbicidas totales. Sin embargo, no se recomienda a finales del ciclo de algunos cultivos de granos pequeños, debido al potencial de rendimiento más bajo (Greer *et al.* 1984).

Las prácticas culturales, tales como rotación de cultivos, la siega, retraso en la siembra, arado post-siembra, o manejo post-cosecha, pueden reducir la presencia de la enredadera, pero no han sido efectivas en el control. Esto es a causa de que la emergencia de las plántulas no está restringida a una época específica, las plántulas pueden emerger intermitentemente a través de la temporada de cultivo. Sin embargo, existen muchos métodos recomendados los cuales serían usados para reducir posibles pérdidas en rendimientos ocasionadas por esta maleza. Koch (1964) observó una estimulación en la emergencia de *P. convolvulus* mediante el arado, lo que podría ser aprovechado en el control de esta maleza en los cultivos de cereales. Messersmith y Nalewaja (1969) afirman que a altas densidades de siembra reducen pérdidas en rendimiento por *P. convolvulus* en trigo o en lino.

Diferentes resultados han sido publicados de los efectos de las técnicas de labranza como medidas para el control de malezas. Dessaint *et al.* (1993) concluyó que al practicar la labranza cero se encontró un incremento en la densidad de *P. convolvulus*, en comparación a la labranza convencional. Nielsen y Pinnerup (1982) también reportaron una reducción en las poblaciones de *P. convolvulus* ocasionadas por la falta de siembra del cultivo de cebada durante la primavera.

De acuerdo a Rajczyova (1978), los monocultivos de trigo de invierno y cebada de primavera conllevaron a un incremento en la incidencia de *P. convolvulus*.

2.2.3 Control químico

Se han usado un número considerable de herbicidas selectivos asperjados solos o en mezclas, ya sea en pre o post emergencia, para controlar a *P. convolvulus*, a continuación unos ejemplos: aclonifen, alaclor, atrazina, aziprotryna, benfluralina, benazolina, bentazone, bifenox, bromoxynil, chloramben, chlorbromuron, chloridazon, chlorsulfuron, chlorthal-dimethyl, clopyralid, cyanazine, cycloate, 2,4-D, desmedipham, dicamba, dichlorprop, dinitramine, dinoseb, diphenamid, ethalfluralin, ethofumesate, fluorchloridone, fluroxypir, glufosinato-amonio, haloxyfop, ioxynil, isopropalin, linuron, lenacil, MCPA, MCPB, mecoprop, metamitron, metolaclor, metobromuron, metsulfuron, metribuzin, napropamide, oryzalin, oxadiazon, oxyfluorfen, pendimethalin, phenmedipham, picloram, prometryn, propachlor, propyzamida, pyridate, sethoxydim, thifensulfuron, triasulfuron, tribenuron, trifluralin y triflusulfuron (NAPPO, 2003).

Actualmente nuevas moléculas se han sintetizado para su manejo: aminopyralid (Dow AgroSciences, 2008), imazamox (BASF, 2005), clomazone (BELCHIM, 2009), imazetapyr (BASF 2005), prosulfuron (Syngenta, 2009).

La enredadera anual y otras especies de las convolvuláceas tienen una tolerancia natural al glifosato. El control mediante el uso de glifosato se reduce cuando las aplicaciones son hechas a dosis más bajas que las recomendadas, cuando se hace una sola aplicación de glifosato, cuando las plantas están estresadas, o cuando los

zarcillos miden de 8 a 12 cm. El glifosato no tiene actividad en el suelo para controlar emergencias posteriores en la temporada (Zollinger *et al.* 2006).

Los herbicidas más efectivos sobre la enredadera anual son atrazina, bromoxynil, clopyralid, dicamba, glufosinato, y algunas sulfonilureas. El uso de estos herbicidas o mezclas de éstos asegura un control más efectivo sobre esta maleza. La atrazina, el clopyralid, dicamba, y otras sulfonilureas pueden permanecer en el suelo y estar activos por más de un ciclo de cultivo, especialmente en suelos con alto pH. Las sulfonilureas residuales más efectivas para la enredadera son el clorosulfuron (Finesse® y Glean®) y triasulfuron (Amber®) (Zollinger *et al.* 2006).

Polygonum convolvulus se ha vuelto una especie problema en campos con labranza cero antes de siembras en primavera. Las malezas existentes deben ser controladas antes de la siembra o de la emergencia de cultivos en cero labranza con una aplicación de un herbicida total antes de la siembra. El glifosato o glifosato + 2,4-D es a menudo inadecuado para el control de la enredadera anual. Añadir o usar otro herbicida puede ser necesario para lograr un adecuado control, se deben realizar observaciones entre aplicaciones. Los cultivos sembrados después de principios o mediados de mayo requerirán una aplicación de herbicidas en el cultivo para controlar las emergencias tardías. Esta estrategia permitirá aplicaciones postemergentes para controlar plantas pequeñas (Zollinger *et al.* 2006).

En un experimento se evaluaron 21 tratamientos de herbicidas solos y mezclas de ellos, en las cuales se tomaron en cuenta las malezas más frecuentes de la región como: *Rapistrum rugosum* (mostacilla), *Raphanus sativus* (nabón), *Stellaria media* (capiquí), *Anthemis cotula*, *Ammi majus* (apio cimarrón), *Silybum marianum* (cardo asnal), *Cirsium vulgare* (cardo negro). Si las pasturas se siembran con un cereal de cosecha adquieren importancia *Polygonum aviculare* (sanguinaria) y *Polygonum convolvulus* (enredadera anual). El mismo autor menciona resultados sobre el control químico de estas especies en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Datos del experimento de Istilart (2003). Referencias: C=Buen Control; CP=Control parcial; I=Control Insuficiente.

Herbicidas	Sanguinaria	Enredadera (<i>Polygonum convolvulus</i>)	Nabón	Mostacilla	Quinoa	Girasol	Abrepuño	Manzanilla	Apio	Anagallis
2,4 –DB éster	CP	CP	CP	C	C	C	CP	I	I	I
2,4 –DB sal	CP	CP	C	C	C	C	CP	I	I	I
Bentazón	I	I	C- CP	C	C	C	CP	C	CP	C
Bentazón + 2,4 –DB sal	I	I	C	C	C	C	C	C	I- CP	C
Bentazón + 2,4 –DB sal + 2,4 –DB éster	CP	I	C	C	C	C	C	C	I- CP	C
Bentazón + 2,4 –DB sal + Bromoxynil	CP	CP	C	C	C	C	C	C	C	C
Bentazón + 2,4 –DB sal + MCP	I- CP	I-CP	C	C	C	C	C	C	I- CP	I
Bentazón + 2,4 –DB sal + Prometrina	I- CP	I-CP	C	C	C	C	C	C	C	C
Bentazón + Bromoxynil	CP	CP	C	C	C	C	C- CP	C	I- CP	C
Bentazón + MCPA	I	I	C	C	C	CP	CP	C	I	C
Bentazón + Prometrina	I	I	C	C	C	C	C	C	I	C
Bromoxynil	CP	C	C	C- CP	C	C	CP	I	I	I
Bromoxynil + 2,4-DB éster	CP	C	C	C	C	C	I- CP	I	I	I
Bromoxynil + Flumetsulan	CP	C	C	C	C	C	C	C	I- CP	C
Bromoxynil + MCPA	CP	C	C	C	C	C	I	I	I	I
Bromoxynil + Prometrina	CP	C	C	C	C	C	I- CP	I	I- CP	
Clorimuron	I	I	C	C	I	CP	I	C- CP		I
Clorimuron + 2,4-DB éster	I- CP	I	C	C	C	C	I	C	I- CP	I
Flumetsulam aplicación post	I	I	C	CP	I	I	I	I- CP	I	I- C
Flumetsulam aplicación pre	I	I	C	C			I	C	I	C
Flumetsulam + 2,4-DB éster	I- CP	I	C	C	C	C	I	I	I	I

2.2.3.1 Tolerancia de *Polygonum convolvulus* a herbicidas

La resistencia a herbicidas ha sido reportada para los siguientes ingredientes activos: clorosulfurón en Australia (Adkins *et al.* 1997), 2,4-D en Lituania, Hungría y China (Aleksinas 1984, Nemeth 1985 y Tu 1989), 2,4-TB en Checoslovaquia (Bojas, 1987), MCPA en la URSS y Hungría (Ryzhaya *et al.* 1984, Nemeth 1985); metolachlor en la URSS (Zuza 1983, Veselovskii y Saulyak 1984); metribuzin en Polonia (Sawicka y Skalski 1996); quinmerac en el Reino Unido (Boatman 1991); simazina (Stryckers y Van Himme 1974); terbacil en Hungría (Nagy *et al.* 1978); y triazinas en Checoslovaquia, Alemania y Holanda (Oorschot y Van 1989).

2.2.3.2 Tolerancia a glifosato

Con la rápida adopción de los cultivos resistentes al glifosato en Norteamérica, existe una gran presión de selección de las poblaciones de malezas a este herbicida: glifosato. Como resultado, las malezas menos sensibles al glifosato (incluyendo a la enredadera anual) pueden remplazar a esas que típicamente infestan sistemas agrícolas. El control de la enredadera anual con glifosato depende de la dosis, tamaño de la planta, medio ambiente, y la calidad del agua. La temprana germinación de la enredadera limita el uso de herbicidas aplicados al suelo, la tendencia de los agricultores de retrasar las aplicaciones postemergentes hasta que la mayoría de las malezas haya emergido, y que los agricultores hacen solo una aplicación de glifosato en plantas muy desarrolladas, son factores que resultan en un control inadecuado (Zollinger *et al.* 2006).

2.2.4 Control biológico

Adkins y Sowerby (1996) revelaron que la maleza *Parthenium hysterophorus* tiene potencial alelopático en contra de *P. convolvulus*. Ellos usaron lixiviados de las hojas de *P. hysterophorus* para bajar la germinación y el crecimiento de plántulas de *P. convolvulus* y otras malezas.

En la búsqueda de agentes biológicos potenciales contra malezas, algunas especies de *Botrytis* fueron aisladas de plántulas de *P. convolvulus* infectadas con el hongo patogénico en Canadá (Mortensen y Molloy 1993). En Argentina, el hongo *Puccinia polygoni-amphibii* se encontró causando daño suficiente para justificar una investigación como agente biocontrolador de *P. convolvulus* (Dal-Bello y Carranza, 1995).

Skorobogatova y Mirchinik (1985) revelaron que el metabolito microbial citrina aplicado en campos de trigo puede disminuir la incidencia de *P. convolvulus*, con efectos insignificantes en el crecimiento del trigo y su rendimiento. Gleason y Case (1986) mostraron que la cianobacteria alguicida inhibió el crecimiento de *P. convolvulus* cuando se aplicó sobre las hojas en plantas con una o dos semanas de edad. Bryan *et al.* (1995) reportaron que el ácido mónico derivado del ácido pseudomónico (derivado de compuestos producidos por *Pseudomonas fluorescens*) fue activo contra un rango de malezas de hoja ancha, incluyendo a *P. convolvulus*, en pruebas de campo llevadas a cabo en Canadá. La cebada no fue afectada por el derivado del ácido mónico, aunque le ocurrió un daño inaceptable al trigo.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Experimento en campo

3.1.1 Localización

El experimento se llevó a cabo en el municipio de Ixtapaluca, Estado de México, en la localidad de San Francisco Acuautla, en el páramo de Ocotepec, con coordenadas de 19° 21' 30.0"N y 98° 48' 27.7" O y una altitud de 2564 msnm (GPS Etrex® Modelo Garmin).

3.1.2 Preparación del suelo y siembra

En el terreno seleccionado el suelo se preparó de forma tradicional, haciendo un paso de arado (barbecho), seguido de dos pasos de rastra. Se sembró trigo variedad "Rebeca" a una densidad de 200 Kg ha⁻¹, en un terreno donde se conocía el historial de la presencia de *Polygonum convolvulus*.

3.1.3 Corroboración de la especie

Se realizó una visita de reconocimiento al predio ubicado en el páramo de Ocotepec, en la cual se corroboró la presencia de la maleza *Polygonum convolvulus* mediante la comparación de las características citadas en la literatura (Holm *et al.* 1991; Lorenzi, 2006). Dicha planta se encontró en abundancia, en promedio de 7 plantas por metro cuadrado, de acuerdo al muestreo realizado (Fig. 1).

3.1.4. Diseño experimental y tratamientos

Los tratamientos involucrados en el experimento se muestran en el Cuadro 2. Su distribución se señala en el anexo 1. El diseño experimental empleado fue de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones. La unidad experimental consistió de una área de 21 m² (3m x 7m), dando un total del experimento de 1047m².



Figura 1. Plantas de *P. convolvulus* en el cultivo de trigo. San Francisco Acuautla, Ixtapaluca, Estado de México. 2011.

Para los tratamientos se seleccionaron herbicidas autorizados para el control de malezas de hoja ancha en trigo, la selección se basó en los resultados obtenidos de dichos herbicidas en especies de maleza afines a *Polygonum convolvulus*.

Cuadro 2. Tratamientos evaluados en trigo sobre *Polygonum convolvulus* en San Francisco Acuautla, Ixtapaluca, Estado de México. 2011.

No.	Nombre común	Nombre comercial	Producto comercial ha ⁻¹	i. a. ha ⁻¹
1	2,4-D Ester	Esteron 47®	1.5 L	600 g
2	Bromoxynil	Brominal®	3.0 L	2619 g
3	Dicamba + 2,4-D	Banvel 12-24®	1.0 L	120g+240 g
4	Triasulfuron	Amber®	0.075 Kg	56.25 g
5	Thifensulfuron	Harmony®	0.025 Kg	18.75 g
6	Mesosulfuron+ iodosulfuron	Sigma®	0.5 L	15g+1.5 g
7	Picloram + 2,4-D	Tordon 101®	1.5 L	96+360 g
8	Fluroxypir	Starane®	0.4 L	80 g
9	Dicamba	Fortune®	0.5 L	240 g
10	Testigo absoluto	----	----	----

*A los tratamientos químicos se les agregó el surfactante INEX en proporción de 0.2% v/v.

3.1.5. Aplicación de tratamientos

La aplicación de los tratamientos químicos se realizó cuando el cultivo de trigo mostró pleno amacollamiento (Fig. 2). Para tal fin se usó una aspersora manual de mochila con capacidad de 15 L y equipada con una punta de doble abanico TJ-60 11004VS. Dicho equipo se calibró previo a la aplicación, dando un gasto de 350 L ha⁻¹. A los tratamientos químicos se les agregó el surfactante INEX en proporción de 0.2% v/v.



Figura 2. Aplicación de tratamientos químicos en las parcelas experimentales. San Francisco Acuautla, Ixtapaluca, Estado de México. 2011.

3.1.6. Variables respuestas y análisis de datos

Las variables respuestas medidas fueron porcentaje de daño visual para cada una de las especies presentes en el área de estudio. Para lo anterior se utilizó la escala porcentual visual (0-100%). Dichas evaluaciones se realizaron a los 11, 18 y 31 días después de la aplicación (DDA). A la información obtenida se le realizó un análisis de varianza empleando el modelo correspondiente al diseño de bloques completos al azar, mediante el programa estadístico SAS versión 9.0, y una prueba de comparaciones múltiples de medias, por el método de Tukey, con nivel de significancia del 5% ($\alpha=0.05$).

Para evaluar como se comportaron los herbicidas de manera general, se realizaron también análisis de varianza combinados y pruebas de comparaciones múltiples de medias utilizando un total no ponderado (TNP), por cada herbicida en las tres

fechas. Lo anterior consistió en un promedio de control de las cuatro especies de malezas durante las tres fechas.

En el predio de trigo en donde se llevó a cabo el experimento, se notó que la densidad poblacional de las especies de malezas fue diferente, considerando lo anterior, se le dio un valor porcentual a cada control por especie tomando en cuenta la densidad de éstas, a esta variable artificial se le nombró Total Ponderado 1 (TP1), quedando de la siguiente manera: *Polygonum convolvulus* = 25%, *Lopezia racemosa* = 50%, *Commelina coelestis* = 15%, Brasicaceas = 10%. Estando *Lopezia racemosa* en mayor abundancia con respecto a las demás especies. Este arreglo se hizo con la finalidad de destacar los herbicidas que tuvieron un mejor desempeño de acuerdo a la densidad de las malezas en la zona.

Así mismo, se calculó un Total Ponderado 2 (TP2) considerando la importancia económica de las malezas presentes en el terreno, éste se basó en el tipo de biología, estatus cuarentenario y agresividad de las malezas presentes. De igual manera al caso anterior, se asignaron diferentes porcentajes a los valores de control sobre cada maleza por herbicida, quedando de la siguiente manera: *Polygonum convolvulus* = 50%, *Lopezia racemosa* = 30%, *Commelina coelestis* = 10%, Brasicaceas = 10%. En este arreglo *Polygonum convolvulus* tuvo mayor importancia.

3.2. Bioensayos en invernadero

3.2.1 Localización

Se realizaron dos experimentos, con plantas a edades de 6-7cm y 8-10cm, en ambos se aplicó glifosato con la finalidad de comprobar posible tolerancia a éste por parte de la maleza (Zollinger *et al.* 2006). Dichos experimentos se llevaron a cabo en el invernadero del área de malezas del departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo.

3.2.2 Tratamiento a la semilla de *Polygonum convolvulus*

A las semillas de *Polygonum convolvulus* (Fig. 3) que se colectaron en la región triguera de Ixtapaluca, con el apoyo del personal técnico del CESAVEM (Comité

Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de México), se les sometió a un tratamiento con ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4) (Fig. 4), sumergiéndolas por 15 minutos con fin de debilitar el pericarpio y favorecer el porcentaje de germinación, se enjuagaron con agua común de grifo y se les agregó carbonato de calcio ($CaCO_3$) por 10 minutos, con el fin de neutralizar el H_2SO_4 restante, nuevamente se enjuagaron con agua común de grifo y fueron puestas a secar; finalmente se frotaron entre dos lijas para madera (Fig. 5) (Hsiao, 1979). A continuación fueron colocadas en cajas Petri de 9 cm de diámetro, con una base de papel filtro humedecida con ácido giberélico a 100 ppm (Fig. 6 y 7) (Timson, 1966) y con solución del fungicida clorotalonil 0.1% v/v. Las cajas fueron colocadas a temperatura ambiente por 4 días. Del total de semillas colocadas solo germinó el 10% (Fig. 8), posteriormente las semillas germinadas fueron sembradas en charolas de unicel de 240 cavidades.

3.2.3 Diseño experimental y tratamientos

Los tratamientos se seleccionaron de las experiencias de herbicidas de uso convencional en el cultivo de maíz y algunos de ellos de reciente introducción al mercado (Cuadro 3 y 4). El diseño experimental empleado fue completamente al azar, con cuatro repeticiones. La unidad experimental quedó formada por una maceta conteniendo una planta.

3.2.4 Aplicación de tratamientos

Cuando las plántulas alcanzaron la edad de 3 cm (Fig. 9), se trasplantaron a vasos de unicel con capacidad de 0.5 L, previamente llenados con sustrato peatmoss + vermiculita en proporción 3:1 respectivamente. Al alcanzar una altura de 8-10cm (primer experimento) y 6-7cm (segundo experimento) (Fig. 10) fueron asperjadas con los herbicidas. La aplicación de los tratamientos químicos se realizó con la ayuda de una aspersora manual de mochila con capacidad de 15 L, usando una punta de la serie XR 11003VS, se utilizó el coadyuvante comercial Penetrator Plus® a la dosis de 0.25% v/v. Previamente se calibró el equipo, dando un gasto de 187 L ha^{-1} .

3.2.5 Variable respuesta y análisis de datos

La variable respuesta registrada fue el porcentaje de daño, empleando para ello la escala porcentual visual 0-100%. Las evaluaciones se realizaron a los 3, 7 y 14 días después de la aplicación (DDA) de los tratamientos químicos.



Figura 3. Semillas de *Polygonum convolvulus*.



Figura 4. Semillas de *Polygonum convolvulus* tratadas con ácido sulfúrico concentrado.



Figura 5. Lijas utilizadas para escarificar las semillas de *Polygonum convolvulus*.

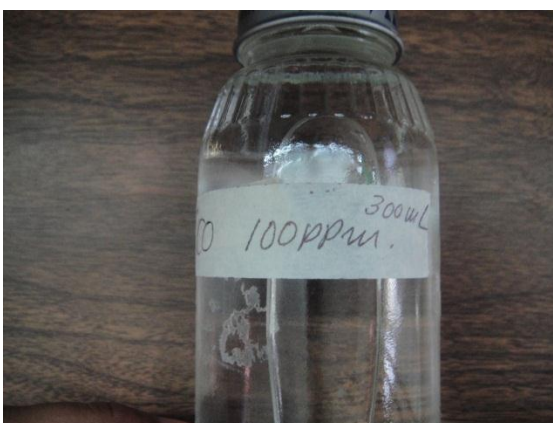


Figura 6. Ácido giberélico a 100ppm.



Figura 7. Semillas de *Polygonum convolvulus* sin pericarpio en cajas petri.



Figura 8. Semillas de *Polygonum convolvulus* germinando.



Figura 9. Plantas de *Polygonum convolvulus* de 3 cm de edad.



Figura 10. Plantas de *Polygonum convolvulus* de 8-10 cm de edad.

A la información obtenida se le sometió a un análisis de varianza y comparaciones múltiples de medias con el método de Tukey con un nivel de significancia al 5% ($\alpha=0.05$) mediante el programa estadístico SAS® Versión 9.0.

Cuadro 3. Herbicidas aplicados sobre *Polygonum convolvulus* bajo condiciones de invernadero (bioensayo 1). Chapingo, México. 2012.

No.	Nombre comercial	Nombre común	Producto comercial ha ⁻¹	i. a. ha ⁻¹
1	Brominal®	Bromoxynil	3.0 L	2619g
2	Tordon 101®	Picloram + 2,4-D	1.5 L	96 + 360g
3	Starane®	Fluroxypir	1.0 L	200g
4	Lumax®	Metolaclor + Atrazina + Mesotrione	5.0 L	1600 + 600 + 160g
5	Callisto®	Mesotrione	0.3 L	103g
6	Maister®	Foransulfuron + Iodosulfuron	+ 0.175 kg	52.5 + 3.5g
7	Faena®	Glifosato*	1.5 L	544.5g
8	Testigo	----	----	----

*Herbicida que por su amplio uso, podría ser una opción en el sistema de agricultura de conservación.

Cuadro 4. Herbicidas aplicados sobre *Polygonum convolvulus* bajo condiciones de invernadero (bioensayo 2). Chapingo, México. 2012.

No.	Nombre comercial	Nombre común	P. comercial ha ⁻¹	i. a. ha ⁻¹
1	Gesaprim 50®	Atrazina	3.0 Kg	1500 g
2	Gramoxone®	Paraquat	1.5 L	414g
3	Banvel®	Dicamba	0.7 L	336g
4	Faena®	Glifosato	1.5 L	544.5g
5	Esteron 47®	2,4-D Ester	1.0 L	400g
6	Marvel®	Atrazina+Dicamba	2.5 L	630g + 330g
7	Starane®	Fluroxypir	1.0 L	200g
8	Lumax®	Metolaclor+ Atrazina + Mesotrione	5.0 L	1600 + 600 + 160g
9	Testigo			

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Experimento en campo

4.1.1 Malezas predominantes

Las malezas predominantes en el área de estudio fueron *Polygonum convolvulus* (Fig. 11), *Lopezia racemosa* (Fig. 13), *Commelina coelestis* (Fig. 14) y el género *Brassicaceas* (Fig. 12). Fueron colectados especímenes de las plantas anteriores y sus características fueron comparadas en el sitio “Malezas de México” (Vibrans, 2011).



Figura 11. *Polygonum convolvulus*. San Francisco Acuautla, Ixtapaluca, Estado de México. 2011.



Figura 12. Género *Brassicaceas*. San Francisco Acuautla, Ixtapaluca, Estado de México. 2011.



Figura 13. *Lopezia racemosa*. San Francisco Acuautla, Ixtapaluca, Estado de México. 2011.



Figura 14. *Commelina coelestis*. San Francisco Acuautla, Ixtapaluca, Estado de México. 2011.

4.1.2 Control

4.1.2.1 *Polygonum convolvulus*

Los análisis de varianza (anexos 2, 3 y 4) del control de *P. convolvulus* mostraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos para las tres fechas de evaluación. La comparación de medias indica que los mejores controles los exhibieron bromoxynil (Fig. 15) y picloram + 2,4-D (Fig. 17); a pesar de que hubo otros tratamientos que estadísticamente se comportaron de manera similar tales como triasulfuron (Fig. 16) y fluroxypir (Fig. 18). El menor control de *P. convolvulus* se obtuvo con los herbicidas 2,4-D ester y la mezcla de mesosulfuron + iodosulfuron (Cuadro 5).

Aleksinas (1984), Nemeth (1985) y Tu (1989) encontraron tolerancia al 2,4-D en Lituania, Hungría y China respectivamente. Zollinger *et al.* (2006) mencionan que en un experimento los herbicidas más efectivos sobre la enredadera anual fueron atrazina, bromoxynil, clopyralid, dicamba, glufosinato, y algunas sulfonilureas como clorosulfuron y triasulfuron. Lorenzi (2006) señala que esta especie es altamente susceptible a picloram + 2,4-D, resultados que coinciden con lo citado por estos autores.

Cuadro 5. Porcentaje de control de *Polygonum convolvulus* en el cultivo de trigo. San Francisco Acuautla, Ixtapaluca, Estado de México. 2011.

No.	Tratamientos	11 DDA	18 DDA	31 DDA
1	2,4-D Ester (Esteron 47®)	9.75 f [†]	18.75 e	57.5 bc
2	Bromoxynil (Brominal®)	57.25 a	100 a	100 a
3	Dicamba + 2,4-D (Banvel 12-24®)	21.75 de	47.5 cd	81.25 ab
4	Triasulfuron (Amber®)	30.5 bcd	83.75 ab	88.75 a
5	Thifensulfuron (Harmony®)	28 cd	70 bc	77.5 ab
6	Mesosulfuron + Iodosulfuron (Sigma®)	15 ef	35 de	40 c
7	Picloram + 2,4-D (Tordon®)	34.25 bc	75 b	97.5 a
8	Fluroxypir (Starane®)	27.5 cd	35 de	86.25 a
9	Dicamba (Fortune®)	40.25 b	62.5 bc	78.75 ab
10	Testigo absoluto	----	----	----

[†]Medias dentro de columnas con letras iguales son iguales estadísticamente (Tukey, 0.05).



Figura 15. Efectos del bromoxynil a los 4 DDA. San Francisco Acuautla, Ixtapaluca, Estado de México. 2011.



Figura 16. Efectos del triasulfuron a los 18 DDA. San Francisco Acuautla, Ixtapaluca, Estado de México. 2011.



Figura 17. Efectos del picloram + 2,4-D a los 18 DDA. San Francisco Acuautla, Ixtapaluca, Estado de México. 2011.



Figura 18. Efectos del fluroxypir a los 18 DDA. San Francisco Acuautla, Ixtapaluca, Estado de México. 2011.

4.1.2.2 *Lopezia racemosa*

El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas entre tratamientos (anexos 5, 6 y 7). La comparación de medias indica que los mejores controles para *Lopezia racemosa* se obtuvieron a los 31DDA con los herbicidas picloram + 2,4-D, la mezcla de mesosulfuron + iodosulfuron, thifensulfuron, triasulfuron y dicamba. El control más bajo lo presentó 2,4-D Ester (Cuadro 6).

Cuadro 6. Porcentaje de control de *Lopezia racemosa* en el cultivo de trigo. San Francisco Acuautla, Ixtapaluca, Estado de México. 2011.

No.	Tratamientos	11 DDA	18 DDA	31 DDA
1	2,4-D Ester (Esteron 47®)	4.75 a ⁱ	11.25 d	35 d
2	Bromoxynil (Brominal®)	46.25 b	60 bc	76.25 bc
3	Dicamba + 2,4-D (Banvel 12-24®)	5 c	28.75 d	73.75 c
4	Triasulfuron (Amber®)	55.25 b	81.25 ab	92.5 abc
5	Thifensulfuron (Harmony®)	49.75 b	67.5 bc	93.75 abc
6	Mesosulfuron + Iodosulfuron (Sigma®)	47.75 b	76.25 abc	96.5 ab
7	Picloram + 2,4-D (Tordon®)	73 a	96.25 a	100 a
8	Fluroxypir (Starane®)	57 ab	73.75 bc	88.25 abc
9	Dicamba – Fortune®	44.25 c	56.25 c	93.75 abc
10	Testigo absoluto	----	----	----

ⁱMedias dentro de columnas con letras iguales son iguales estadísticamente (Tukey, 0.05).

4.1.2.3 *Commelina coelestis*

Respecto a los efectos de los herbicidas para el control de esta especie, hubo diferencias estadísticas (anexos 8, 9 y 10). La comparación de medias muestra que para *Commelina coelestis* los mejores controles > al 90% los exhibieron los herbicidas bromoxynil, picloram + 2,4-D y 2,4-D ester a los 31 DDA, sin embargo, esta especie se mostró tolerante a sulfonilureas como el thifensulfuron y a algunos herbicidas hormonales tales como fluroxypir, dicamba y dicamba + 2,4-D (Cuadro 7).

Cuadro 7. Porcentaje de control de *Commelina coelestis* en el cultivo de trigo. San Francisco Acuautla, Ixtapaluca, Estado de México. 2011.

No.	Tratamientos	11 DDA	18 DDA	31 DDA
1	2,4-D Ester (Esteron 47®)	41.75 b ^t	88.75 a	91.25 a
2	Bromoxynil (Brominal®)	57.25 a	90 a	95 a
3	Dicamba + 2,4-D (Banvel 12-24®)	9.5 d	32.5 b	72.5 ab
4	Triasulfuron (Amber®)	15.5 d	27.5 b	82.5 ab
5	Thifensulfuron (Harmony®)	5.25 d	16.25 b	37.5 c
6	Mesosulfuron + Iodosulfuron (Sigma®)	11.75 d	33.75 b	65 abc
7	Picloram + 2,4-D (Tordon®)	31.5 bc	88.75 a	93.25 a
8	Fluroxypir (Starane®)	14.25 d	30 b	65 abc
9	Dicamba (Fortune®)	18.25 cd	26.25 b	55 bc
10	Testigo absoluto	----	----	----

^tMedias dentro de columnas con letras iguales son iguales estadísticamente (Tukey, 0.05).

4.1.2.4 *Brassicaceas*

El análisis de varianza exhibió diferencias estadísticas significativas (anexos 11, 12 y 13) entre los tratamientos. La comparación de medias mostró que las brassicaceas fueron las malezas mas susceptibles a los tratamientos, ya que los demás herbicidas a excepción del dicamba y fluroxypir presentaron controles superiores al 87% (Cuadro 8).

4.1.2.5 Total no ponderado

El análisis de varianza mostró diferencias estadísticas significativas en las 3 fechas (anexos 14, 15 y 16) para el total no ponderado (TNP), que contempló un promedio de control general por herbicida durante las tres fechas. La comparación múltiple de medias destaca los herbicidas bromoxynil, triasulfuron y picloram + 2,4-D a los 31DDA, los cuales alcanzaron controles por arriba del 89% (Cuadro 9).

Cuadro 8. Porcentaje de control de *Brassicaceas* en el cultivo de trigo. San Francisco Acuautila, Ixtapaluca, Estado de México. 2011.

No.	Tratamientos	11 DDA	18 DDA	31 DDA
1	2,4-D Ester (Esteron 47®)	25.25 bc ^t	83.75 a	87.5 a
2	Bromoxynil (Brominal®)	58 a	92.5 a	97.5 a
3	Dicamba + 2,4-D (Banvel 12-24®)	25.25 bc	68.75 a	88.75 a
4	Triasulfuron (Amber®)	63 a	85 a	95.75 a
5	Thifensulfuron (Harmony®)	32.5 b	67.5 a	87.5 a
6	Mesosulfuron + Iodosulfuron (Sigma®)	33.25 b	88.75 a	98.25 a
7	Picloram + 2,4-D (Tordon®)	32 b	86.25 a	95.5 a
8	Fluroxypir (Starane®)	13.75 c	22.5 b	22.5 c
9	Dicamba (Fortune®)	26 bc	38.75 b	38.75 b
10	Testigo absoluto	----	----	----

^tMedias dentro de columnas con letras iguales son iguales estadísticamente (Tukey, 0.05).

4.1.2.6 Total ponderado 1

Se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos para el total ponderado 1 entre los tratamientos de acuerdo a la densidad de especies (anexos 17, 18 y 19). La comparación de medias Tukey mostró que los mejores herbicidas fueron bromoxynil, triasulfuron y picloram + 2,4-D, promediando a los 31 DDA controles superiores a 87% (Cuadro 10).

Cuadro 9. Total No Ponderado del porcentaje de control por herbicidas en el cultivo de trigo. San Francisco Acuatla, Ixtapaluca, Estado de México. 2011.

No.	Tratamientos	11 DDA	18 DDA	31 DDA
1	2,4-D Ester (Esteron 47®)	20.37 de ^t	50.62 cde	67.81 cd
2	Bromoxynil (Brominal®)	54.68 a	85.62 a	92.18 a
3	Dicamba + 2,4-D (Banvel 12-24®)	15.37 e	44.37 de	79.06 bc
4	Triasulfuron (Amber®)	41.06 b	69.37 b	89.87 ab
5	Thifensulfuron (Harmony®)	28.87 cd	55.31 cd	74.06 cd
6	Mesosulfuron + Iodosulfuron (Sigma®)	26.93 cd	58.43 bc	74.93 cd
7	Picloram + 2,4-D (Tordon®)	42.68 b	86.56 a	96.56 a
8	Fluroxypir (Starane®)	28.12 cd	40.31 e	65.5 d
9	Dicamba (Fortune®)	32.18 c	45.93 cde	66.56 cd
10	Testigo absoluto	----	----	----

^tMedias dentro de columnas con letras iguales son iguales estadísticamente (Tukey, 0.05).

Cuadro 10. Total Ponderado 1 mostrando los controles con respecto a la densidad de especies en el cultivo de trigo. San Francisco Acuatla, Ixtapaluca, Estado de México. 2011.

No.	Tratamientos	11 DDA	18 DDA	31 DDA
1	2,4-D Ester (Esteron 47®)	13.6 d ^t	32 f	54.31 c
2	Bromoxynil (Brominal®)	51.82 a	77.75 ab	87.12 ab
3	Dicamba + 2,4-D (Banvel 12-24®)	11.88 d	38 ef	76.93 b
4	Triasulfuron (Amber®)	43.87 ab	74.18 bc	90.38 ab
5	Thifensulfuron (Harmony®)	35.91 bc	60.43 cd	80.62 b
6	Mesosulfuron + Iodosulfuron (Sigma®)	32.71 c	60.81 cd	77.82 b
7	Picloram + 2,4-D (Tordon®)	52.98 a	88.81 a	97.91 a
8	Fluroxypir (Starane®)	38.88 bc	52.37 d	77.68b
9	Dicamba (Fortune®)	37.52 bc	51.56 de	78.68 b
10	Testigo absoluto	----	----	----

^tMedias dentro de columnas con letras iguales son iguales estadísticamente (Tukey, 0.05).

4.1.2.7 Total ponderado 2

Con respecto al Total Ponderado 2, tomando en cuenta la importancia económica de las especies presentes se encontraron diferencias estadísticas entre los efectos de los tratamientos (anexos 20, 21 y 22). La comparación de medias Tukey indica que los mayores controles (arriba del 89%) los presentaron los herbicidas bromoxynil, triasulfuron y picloram + 2,4-D (Cuadro 11).

Cuadro 11. Total Ponderado 2 mostrando los controles con respecto a la importancia económica, estatus cuarentenario y agresividad de especies en el cultivo de trigo. San Francisco Acuatla, Ixtapaluca, Estado de México. 2011.

No.	Tratamientos	11 DDA	18 DDA	31 DDA
1	2,4-D Ester (Esteron 47®)	13 e ^t	30 e	57.12 d
2	Bromoxynil (Brominal®)	54.02 a	86.25 a	92.12 ab
3	Dicamba + 2,4-D (Banvel 12-24®)	15.85 e	42.5 e	78.87 bc
4	Triasulfuron (Amber®)	39.67 bc	77.5 ab	89.95 ab
5	Thifensulfuron (Harmony®)	32.7 cd	63.62 bc	79.37 bc
6	Mesosulfuron + Iodosulfuron (Sigma®)	26.32 d	52.62 cd	65.27 cd
7	Picloram + 2,4-D (Tordon 101®)	45.37 b	83.87 a	97.62 a
8	Fluroxypir (Starane®)	33.65 cd	44.87 d	78.35 bc
9	Dicamba (Fortune®)	37.82 bc	54.62 cd	76.87 bc
10	Testigo absoluto	----	----	----

^tMedias dentro de columnas con letras iguales son iguales estadísticamente (Tukey, 0.05).

4.2 Bioensayos en invernadero

En condiciones de invernadero los herbicidas se comportaron de manera diferente respecto a el experimento llevado a cabo en condiciones de campo, ya que se hizo notar que los efectos sobre *Polygonum convolvulus* fueron más rápidos, esto posiblemente se debió a que los tratamientos no se sometieron a factores climáticos

adversos, como la lluvia o el viento, haciendo que el herbicida actuara de mejor forma. Otro factor que pudo influir en el mejor desempeño de los tratamientos en invernadero se atribuye a que en estas condiciones el herbicida entra en contacto directo sobre la planta; situación que en campo las plantas de otras especies nocivas o las mismas plantas de trigo interfieren con la aspersión, lo que da como resultado que haya menor cobertura y como consecuencia menor absorción foliar.

4.2.1 Bioensayo 1

En los dos experimentos establecidos, los mejores resultados se mostraron a los 14 DDA. En el primer experimento, hubo diferencias significativas de acuerdo al análisis de varianza (anexos 23, 24 y 25). La comparación múltiple de medias muestra controles superiores a 87% a los 14 DDA. Algunos herbicidas presentaron efectos rápidos tal fue el caso de bromoxynil (Fig. 19) y de metolaclor + atrazina + mesotrione (Fig. 21), mostrando un excelente control a partir de 3 DDA (Cuadro 12). Otros tratamientos que actuaron de forma lenta, pero que al finalizar el periodo de evaluaciones alcanzaron el 100% de control de *P. convolvulus* fueron picloram + 2,4-D (Fig. 20), fluroxypir y mesotrione.

Zollinger *et al.* (2006) mencionan que en un estudio los herbicidas más efectivos fueron atrazina, bromoxynil, clopyralid, dicamba, y algunas sulfonilureas. Lorenzi (2006) menciona que la mezcla de picloram + 2,4-D es altamente efectiva en aplicaciones Post, con control casi total. Istilart (2003) menciona que las mezclas que incluyen bromoxynil tienen un buen control sobre la enredadera anual.

Los efectos del glifosato fueron lentos y bajos en comparación con los demás herbicidas, indicando una posible tolerancia a este por parte de *Polygonum convolvulus*. Zollinger *et al.* 2006 mencionan que la enredadera anual y otras especies de las convolvuláceas tienen una tolerancia natural al glifosato. El control mediante el uso de glifosato se reduce cuando las aplicaciones son hechas a dosis más bajas que las recomendadas.

Cuadro 12. Porcentaje de control de *Polygonum convolvulus*, mediante herbicidas aplicados en maíz, en condiciones de invernadero. Chapingo, Estado de México. 2012.

No.	Tratamiento	3 DDA	7 DDA	14 DDA
1	Bromoxynil (Brominal®)	100 a ^t	100 a	100 a
2	Picloram + 2,4-D (Tordon®)	77.5 b	88.75 ab	100 a
3	Fluroxypir (Starane®)	66.25 b	83.75 ab	100 a
4	Metolaclor + Atrazina + Mesotrione (Lumax®)	97.5 a	97.5 a	100 a
5	Mesotrione (Callisto®)	17.5 d	57.5 c	100 a
6	Foransulfuron + Iodosulfuron (Maister®)	47.5 c	67.5 bc	92.5 ab
7	Glifosato (Faena®)	15 d	51.25 c	87.5 b
8	Testigo	0e	0 d	0 c

^tMedias dentro de columnas con letras iguales son iguales estadísticamente (Tukey, 0.05).



Figura 19. Efectos del bromoxynil a los 7 DDA. Chapingo, Estado de México. 2012.



Figura 20. Efectos de la mezcla picloram + 2,4-D a los 7 DDA. Chapingo, Estado de México. 2012.



Figura 21. Efectos de la mezcla metolaclor + atrazina + mesotrione a los 7 DDA. Chapingo, Estado de México. 2012.

4.2.2 Bioensayo 2

El análisis de varianza muestra diferencias entre los tratamientos en el segundo experimento (anexos 26, 27 y 28). La comparación múltiple de medias indica que con excepción del glifosato todos los tratamientos químicos manifestaron controles superiores al 94% a los 14 DDA. El tratamiento que exhibió un buen desempeño en las 3 fechas fue paraquat (Fig. 22). Nuevamente se observó la alta susceptibilidad de *P. convolvulus*, ya que al finalizar el periodo de evaluaciones (14 DDA) los herbicidas atrazina (Fig. 23), metolaclor + atrazina + mesotrione (Fig. 25), 2,4-D éster y atrazina + dicamba (Fig. 24) alcanzaron un control total de esta especie (Cuadro 13).

En este experimento *Polygonum convolvulus* también se mostró tolerante a los efectos del glifosato resultados que coinciden con lo mencionado por Zollinger *et al.* (2006).

Cuadro 13. Porcentaje de control de *Polygonum convolvulus*, en condiciones de invernadero (Experimento 2). Chapingo, Estado de México. 2012.

No.	Tratamiento	3 DDA	7 DDA	14 DDA
1	Atrazina (Gesaprim 50®)	47.5 c ^t	100 a	100 a
2	Paraquat (Gramoxone®)	98.75 a	100 a	100 a
3	Dicamba (Banvel®)	42.5 c	65 b	94.25 a
4	Glifosato (Faena®)	13.75 d	41.25 c	70 b
5	2,4-D Ester (Esteron 47®)	55 c	81.25 ab	100 a
6	Atrazina + Dicamba (Marvel®)	48.75 c	90 a	100 a
7	Fluroxypir (Starane®)	45 c	83.75 ab	98.75 a
8	Metolaclor + Atrazina + Mesotrione (Lumax®)	71.25 b	100 a	100 a
9	Testigo	0 e	0 d	0c

^tMedias dentro de columnas con letras iguales son iguales estadísticamente (Tukey, 0.05).



Figura 22. Efectos del Paraquat a los 3 DDA. Chapingo, Estado de México. 2012.



Figura 23. Efectos de Atrazina a los 7 DDA. Chapingo, Estado de México. 2012.



Figura 24. Efectos de Atrazina + Dicamba a los 7 DDA. Chapingo, Estado de México. 2012.



Figura 25. Efectos de la mezcla Metolaclor + Atrazina + Mesotrione a los 7 DDA. Chapingo, Estado de México. 2012.

5. CONCLUSIONES

5.1 Experimento en campo.

- La flora nociva en el área de estudio fue diversa, destacando por su densidad poblacional *Lopezia racemosa* y *Polygonum convolvulus*.
- El mejor control de *Polygonum convolvulus* en trigo lo presentó: bromoxynil, picloram + 2,4-D, triasulfuron y fluroxypir.
- Los mayores efectos sobre las especies nocivas de hoja ancha (incluyendo a *Polygonum convolvulus*) en el cultivo de trigo lo exhibieron los herbicidas: bromoxynil, picloram + 2,4-D y triasulfuron.

5.2 Bioensayos en invernadero

- Para el manejo de *Polygonum convolvulus* en el cultivo de maíz por sus efectos se sugiere aplicar herbicidas o mezclas tales como: bromoxynil, picloram + 2,4-D, fluroxypir, metolaclor + atrazina + mesotrione, atrazina, 2,4-D Ester, atrazina + dicamba y paraquat.
- Paraquat es una excelente alternativa para el control de *P. convolvulus*, cuando se pretenda establecer maíz bajo el sistema de agricultura de conservación.
- *Polygonum convolvulus* exhibió tolerancia significativa a glifosato sin importar la altura de las plantas.

6. LITERATURA CITADA

- Adkins, S. W. and M. S. Sowerby. 1996. Allelopathic potential of the weed, *Parthenium hysterophorus* L., in Australia. Plant Protection Quarterly, 11(1):20-23.
- Adkins, S. W., D. Wills, M. Boersma, S. R. Walker, G. Robinson, R. J McLeod, and J. P. Einar. 1997. Weed resistance to chlorsulfuron and atrazine from the north-east grain region of Australia. Weed Research 37(5):343-349.
- Aleksinas A., P. 1984. Application of herbicides to winter wheat. Khimiya v Sel'skom Khozyaistve 22(1):39-41.
- Andreasen C., J. C. Streibig and H. Haas. 1991. Soil properties affecting the distribution of 37 weed species in Danish fields. Weed Research 31:181-187.
- Arroyo, M. J. 1981. Revisión bibliográfica sobre el combate de malezas en México. Memoria del I Congreso Nacional de la Ciencia de la Maleza. Sociedad Mexicana de la Ciencia de la Maleza. Torreón, Coahuila. 152-169 p.
- BASF, The Chemical Company, 2005. Imazetapyr. Technical Bulletin. [En línea]. Disponible en <http://www.vmanswers.com/reference/literature/technical-bulletin.pdf>. Consultado el 10 de abril de 2011.
- BELCHIM, Crop Protection, 2009. Clomazone. Technical Bulletin. [En línea]. Disponible en <http://www.belchim.com/cms/publish/content/pageid=356>. Consultado el 10 de abril de 2011.
- Boatman, N. D. 1991. Selective control of cleavers (*Galium aparine*) in conservation headlands with quinmerac. In: Proceedings of the 1991 Brighton Crop Protection Conference - Weeds. Farnham, UK: British Crop Protection Council 2:669-676.

- Bojas Z. 1987. New information on weed control in maize undersown with alfalfa and red clover. *AgrochÚmia* 27(2):55-59.
- Borowiec S., L. Kuszelewski, I. Kutyna, T. Lesnik and T. Lukaszuk. 1985. The effect of long-term fertilizer use on soil properties and weed infestation of rye, spring barley, Sinapisalba and potato crops. Part II. The effect of different fertilizer treatments on weed infestation of individual crops. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Szczecinie, Rolnictwo* 37:71-86.
- Bröutigam, H. 1995. Does nitrogen fertilizer affect weed populations in sugarbeet?. *PSP Pflanzenschutz Praxis*, No. 1:24-26.
- Bryan I. B., M. J. Rice, M. R. Bartley, A. R. Jutsum and G. Pastushok. 1995. A monic acid derivative: evaluation as a cereal herbicide. Brighton Crop Protection Conference, Weeds. Proceedings of an International Conference, 725-730.
- CABI. 2002. Crop Protection Compendium, Global Module, 2002 edition. Wallingford, UK. CAB International. [En línea]. Disponible en <http://www.cabi.org/compendia/cpc/index.htm>. Consultado el 15 de noviembre de 2010.
- Chancellor R., J. 1964. The depth of weed seed germination in the field. Proceedings of the 7th British Weed Control Conference 2:607-613.
- Chepil W. 1946. Germination of weed seeds: I. Longevity, periodicity of germination and vitality of seeds in cultivated soil. *Scientific Agriculture* 26:307-346.
- Chippendale H., G. and W. E. Milton J. 1934. On the viable seeds present in the soil beneath pastures. *Journal of Ecology* 22:508-531.
- Dal-Bello G., M. and M. R. Carranza. 1995. Weed diseases in La Plata area II. Identification of pathogens with potential for weed biocontrol programmes. *Revista de la Facultad de Agronomía La Plata*, 71:7-14.

- Dessaint F., R. Chadoeuf and G. Barralis. 1993. The long term influence of soil cultivation on the density of weed emergence under non-herbicide conditions. *Canadian Journal of Botany* 71(7):919-926.
- Dow AgroSciences. 2008. Aminopyralid. Technical Bulletin. [En línea]. Disponible en <http://msdssearch.dow.com/PublishedLiteratureDAS>. Consultado el 20 de febrero de 2011.
- Ervö R., S. Hyvarinen, L. R. Ervö and J. Salonen. 1994. Soil properties affecting weed distribution in spring cereal and vegetable fields. *Agricultural Science in Finland* 3(5):497-504.
- Forsberg D., E. and K. F. Best, 1964. The emergence and plant development of wild buckwheat (*Polygonum convolvulus* L.). *Canadian Journal of Plant Science*, 44:100-103.
- Franzini E. 1982. Biology and ecology of weeds. The Hague, Netherlands: Dr. W. Junk Publishers, 245-256.
- Friesen G. and L. H. Shebeski. 1960. Economic losses caused by weed competition in Manitoba grain fields. *Can. J. Plant Sci.* 40:457-467.
- Gleason F., K. and D. E. Case. 1986. Activity of the natural algicide, cyanobacterin, on angiosperms. *Plant Physiology* 80(4):834-837.
- Greer H., A., T. Peeper and D. Fain. 1984. Wild buckwheat control in wheat. Oklahoma State Univ. Ext. Facts 2773.
- Haman C., D. and T. Peeper. 1983. The effect of shade on wild buckwheat. *Proceedings, Southern Weed Science Society, 36th Annual Meeting*. 348 p.
- Hanf M. 1982. Ackerunkräuter Europas mit ihren Keimlingen und Samen. Ludwigshafen, Germany: BASF Aktiengesellschaft. 2 p.

- Hernández, T. A. 1984. Sistema de control de malezas mediante el uso de densidades y distribución del cultivo, niveles de fertilización y métodos de control de malezas en frijol. UACH, Departamento de Parasitología Agrícola. Texcoco, México. 56 p.
- Holm L., G., J. V. Pancho, J. P. Herberger and D. L. Plucknett. 1991. A Geographic Atlas of World Weeds. Malabar, Florida, USA: Krieger Publishing Company. 391 p.
- Hsiao, A.I. 1979. The effect of sodium hypochlorite, gibberellic acid, and light on seed dormancy and germination of wild buckwheat (*Polygonum convolvulus*) and cow cockle (*Saponariavaccaria*). Can. J. Bot. 57:1735–1739.
- Hume, L. 1993. Development of equations for estimating yield losses caused by multi-species weed communities dominated by green foxtail (*Setariaviridis* (L.) Beauv.). Canadian Journal of Plant Science 73(2):625-635.
- Hume, L., J. Martinez and K. Best. 1983. The biology of Canadian weeds. 60. *Polygonum convolvulus* L. Canadian Journal of Plant Science 63(4):959-971.
- Istilart, C. 2003. Malezas en pasturas de leguminosas asociadas con gramíneas forrajeras. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Chacra Experimental Integrada Barrow. Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto, Río Cuarto, provincia de Córdoba, República Argentina. 5 p.
- Karczmarczyk S., I. Hoffman-Kakol and Z. Koszanski. 1983. A comparison of the yields of potatoes and sugarbeet grown on light soils with irrigation and different rates of mineral fertilizers. Part II. Weed infestation. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Szczecinie, Rolnictwo 31:59-65.
- Koch W. 1964. Unkrautbekämpfung durch Eggen, Hacken und Meißeln in Getreide. I. Wirkungsweise und Einsatzzeitpunkt von Egge, Hacke und Bodenmeißel. Zeitschrift für Acker und Pflanzenbau 120:369-382.

- Kutschera L. 1960. Wurzel atlas mittel europöischer Ackerunkröuter und Kulturpflanzen. Frankfurt, Germany: DLG-Verlag. 43 p.
- Lauer E. 1953. Über die Keimtemperatur von Ackerunkrautern und dereneinfluss auf die zusammensetzung von Unkrautgesellschaften. Flora Oder Allgemeine Botanische Zeitung 140:551-595.
- Lorenzi, H. 2006. Manual de identificao e controle de plantas daninhas. Plantio directo e convencional. 6ª ed. Instituto Plantarum de Estudos da Flora. Ltda. Nova Odessa, Brasil. pp 307-309.
- Mazorcca, A. 1979. Manual de malezas. 1ª reimpresión Editorial Hemisferio Sur S. A. Buenos Aires Argentina. pp: 228-230.
- Messersmith C., G. and J. D. Nalewaja. 1969. Competition between wheat and wild buckwheat. Meeting of the Weed Science Society of America, Resumen No. 15.
- Mortensen K. and M. M. Molloy. 1993. Survey for seed-borne diseases on weed species from screening samples obtained from seed cleaning plants across Canada in 1987/88. Canadian Plant Disease Survey 73(2):129-136.
- Mulligan G., A. and J. N. Findlay. 1970. Reproductive systems and colonization in Canadian weeds. Canadian Journal of Botany 48(5):859-860.
- Nagy F., D. Foldesi and P. Szalay. 1978. Recent results in the chemical weed control of peppermint (*Mentha piperita* L.). Herba Hungarica 17(1):65-81.
- NAPPO (North American Plant Protection Organization), 2003. Pest Fact Sheet: *Polygonum convolvulus* L. [En línea]. Disponible en <http://www.nappo.org/PRA-sheets/Polygonumconvolvulus.pdf>. Consultado el 10 de abril de 2011.
- Nemeth I. 1985. Weed flora of vineyards. Noveny vedelem 21(6):252-257.

- Nielsen H., J. and S.P. Pinnerup. 1982. Reduced cultivation and weeds. Weeds and Weed Control. 23rd Swedish Weed Conference, Uppsala, 1982 Sveriges Lantbruks universitet Uppsala Sweden 2:370-384.
- Oorschot J., L. P. Van. 1989. Chloroplastic resistance of weeds to triazines in the Netherlands until 1988. Importance and perspectives on herbicide-resistant weeds. Proceedings of a meeting of the EC Experts' Group, TOLLose, Denmark, 15-17 November 1988., No. EUR 11561 EN:41-45.
- Paatela J. and L. Erviö. 1971. Weed seeds in cultivated soils in Finland. Ann. Agric. Fennae 10:144-152.
- Rajczyova M. 1978. Causes of overproduction of weeds in cereals. Acta Botanica Slovaca Academia e Scientiarum Slovaca 3:181-187.
- Royer F. and R. Dickinson. 1999. Weeds of the Northern U.S. and Canada. The University of Alberta press. 434 pp.
- Ryzhaya M., A., N. F. Murashova and L.I. Yanitskaya. 1984. Application of Basagran M to fibre flax. Khimiya v Sel'skom Khozyaistve 12:34-35.
- Sawicka B. and J. Skalski. 1996. Zachwaszczenie ziemniaka w warunkach stosowania herbicydu Sencor 70 WP cz. I. Skuteczność w stosowaniu herbicydu. Roczniki Nauk Rolniczych. Seria A, Produkcja Roslinna 112:169-182.
- Schwör C. H., G. Feyerabend and H. Golz. 1970. 100 wichtige Ackerunkräuter. Jena, Germany: Fischer. 52 p.
- SENASICA. 2010. (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). Campaña contra malezas cuarentenarias. Informe: Septiembre de 2010. [En línea] Disponible en <http://www.senasica.gob.mx/?id=2949>. Consultado el 20 de marzo de 2011.

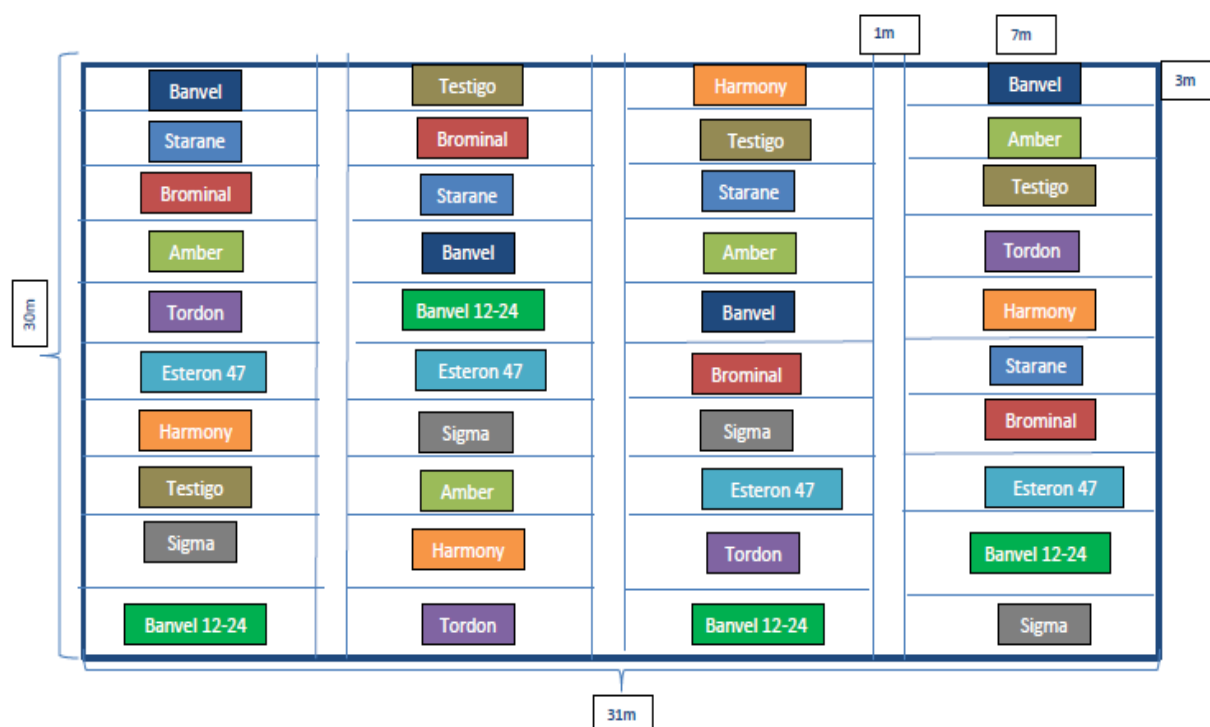
- Sirbu M. and V. Slonovschi.1989. Aspects on the influence of rotations and long-term fertilizer applications on weed seed banks in the soil. *Cercetari Agronomice in Moldova* 22(4):51-55.
- Skorobogatova P., A. and T. G. Mirchinik. 1985. Herbicidal activity of the microbial metabolite citrinin. *Sel'skokhozyaist vennaya Biologiya* 1:91-93.
- Stevens, O. A. 1947. Studies on wild buckwheat, North Dakota Agr. Exp. Sta. Bull. 346 p.
- Stryckers J. and van M. Himme, 1974. Comparison of several soil-applied herbicides in established Limonium Mill. plants. In: Stryckers J, Himme M van, eds. Review of the results obtained for the cropping year 1972-73 by the C. entrumvoor Onkruidonderzoek, 152-153.
- Syngenta, 2009. Prosulfuron. TechnicalBulletin. [En línea]. Disponible en http://www.syngenta.com.mx/Data/Sites/1/agroquimicos_productos/herbicidas/peak_57/peak57_info.pdf. Consultado el 10 de abril de 2011.
- Timson, J. 1966. The Germination of *Polygonum convolvulus* L. *New Phytologist* 65(4): 423-428.
- Tu, H. L. 1989. The evolution and control strategy of weeds in wheat fields. *Proceedings, 12th Asian-Pacific Weed Science Society Conference* 1:67-72.
- USDA, ARS, 1999. National Genetic Resources Program, Germplasm Resources Information Network (GRIN). Maryland, USA: NationalGermplasmResourcesLaboratory. [En línea]. Disponible en <http://www.ars-grin.gov/npgs/tax/index.html>. Consultado el 10 de abril de 2011.
- USDA, NRCS. 2002. The PLANTS Database, Version 3.5. National Plant Data Center, Baton Rouge, LA 70874-4490 USA.[En línea]. Disponible en <http://plants.usda.gov>. Consultado el 10 de abril de 2011.

- Vanden Born, W. H. and W. G. Corns. 1958. Studies on seed dormancy, plant development, and chemical control of tartary buckwheat. II Germination, growth, flowering, and seed production. Can. J. Plant Sci. 38:367-373.
- Veselovskii I., V. and P. M. Saul'yak, 1984. Herbicide mixtures based on metolachlor for maize. Khimiya v Sel'skom Khozyaistve 12:31-32.
- Vibrans, H. 2011. In: CONABIO, 2011. Malezas de México. [En línea]. Disponible en <http://www.conabio.gob.mx>. Consultado el 20 de noviembre de 2011.
- Wilson, J. D., A. J. Morris, B. E. Arroyo, S. C. Clark and R. B. Bradbury, 1999. A review of the abundance and diversity of invertebrate and plant foods of granivorous birds in northern Europe in relation to agricultural change. Agriculture, Ecosystems and Environment 75: 13-30.
- Zollinger K., D. Peterson and M. Moechnig. 2006. Biology and Management of Wild Buckwheat. The Glyphosate, Weeds, and Crops Series. North Dakota State University, Kansas State University, South Dakota State University. 12 p.
- Zuza, V. S. 1983. Effectiveness of herbicides applied to maize. Zashchita Rastenii 1:27-28.
- Zwerger, P. 1987. Einfluß der Fruchtfolge, der Pflanzenbau- und Pflanzenschutz-Intensität auf die Populationsdynamik von Unkräutern unter besonderer Berücksichtigung des Windenknöterichs (*Fallopia convolvulus* (L.) A. Löve). Dissertation Universität Hohenheim. Hohenheim, Germany: University of Hohenheim. 20 p.
- Zwerger, P. 1990. Model trials on the influence of nitrogen fertilization on the seed production and competitiveness of *Fallopia convolvulus* (L.) A. Love and three Polygonum-species. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Sonderheft 12:107-113.

Zwerger, P. 1993. Modellierung und Simulation der Populations dynamik von annuellen Unkröutern. Bericht aus dem Fachgebiet Herbologie der Universität Hohenheim. 33 p.

7. ANEXOS

Anexo 1. Croquis y distribución de tratamientos en trigo para el control de malezas de hoja ancha. San Francisco Acuautla, Ixtapaluca, Estado de México. 2011.



Anexo 2. Análisis de varianza de la fecha 1 para el control de *Polygonum convolvulus*.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F cal	Pr>F
Tratamientos	8	6302.555556	787.819444	32.10	<.0001*
Bloques	3	78.750000	26.250000	1.07	0.3805
Error	24	589.000000	24.541667		
Total	35	6970.305556			

Anexo 3. Análisis de varianza de la fecha 2 para el control de *Polygonum convolvulus*.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F cal	Pr>F
Tratamientos	8	22343.05556	2792.88194	28.24	<.0001*
Bloques	3	413.88889	137.96296	1.39	0.2685
Error	24	2373.61111	98.90046		
Total	35	25130.55556			

*Si $(Pr>F) < \alpha$, existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. En este caso $\alpha=0.05$.

Anexo 4. Análisis de varianza de la fecha 3 para el control de *Polygonum convolvulus*.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F cal	Pr>F
Tratamientos	8	11680.55556	1460.06944	11.42	<.0001*
Bloques	3	180.55556	60.18519	0.47	0.7056
Error	24	3069.44444	127.89352		
Total	35	14930.55556			

Anexo 5. Análisis de varianza de la fecha 1 para el control de *Lopezia racemosa*.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F cal	Pr>F
Tratamientos	8	16926.38889	2115.79861	41.06	<.0001*
Bloques	3	751.77778	250.59259	4.86	0.0088
Error	24	1236.72222	51.53009		
Total	35	18914.88889			

Anexo 6. Análisis de varianza de la fecha 2 para el control de *Lopezia racemosa*.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F cal	Pr>F
Tratamientos	8	22512.50000	2814.06250	32.18	<.0001*
Bloques	3	357.63889	119.21296	1.36	0.2778
Error	24	2098.61111	87.44213		
Total	35	24968.75000			

Anexo 7. Análisis de varianza de la fecha 3 para el control de *Lopezia racemosa*.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F cal	Pr>F
Tratamientos	8	13017.88889	1627.23611	19.02	<.0001*
Bloques	3	82.97222	27.65741	0.32	0.8084
Error	24	2052.77778	85.53241		
Total	35	15153.63889			

*Si $(Pr>F) < \alpha$, existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. En este caso $\alpha=0.05$.

Anexo 8. Análisis de varianza de la fecha 1 para el control de *Commelina coelestis*.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F cal	Pr>F
Tratamientos	8	9502.722222	1187.840278	29.84	<.0001*
Bloques	3	152.222222	50.740741	1.27	0.3055
Error	24	955.27778	39.80324		
Total	35	10610.22222			

Anexo 9. Análisis de varianza de la fecha 2 para el control de *Commelina coelestis*.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F cal	Pr>F
Tratamientos	8	31013.88889	3876.73611	37.59	<.0001*
Bloques	3	268.75000	89.58333	0.87	0.4709
Error	24	2475.00000	103.12500		
Total	35	33757.63889			

Anexo 10. Análisis de varianza de la fecha 3 para el control de *Commelina coelestis*.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F cal	Pr>F
Tratamientos	8	12119.50000	1514.93750	7.18	<.0001*
Bloques	3	1624.22222	541.40741	2.56	0.0783
Error	24	5066.27778	211.09491		
Total	35	18810.00000			

Anexo 11. Análisis de varianza de la fecha 1 para el control de Brasicaceas.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F cal	Pr>F
Tratamientos	8	8200.000000	1025.000000	31.00	<.0001*
Bloques	3	42.444444	14.148148	0.43	0.7348
Error	24	793.555556	33.064815		
Total	35	9036.000000			

*Si (Pr>F) < que α , existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. En este caso $\alpha=0.05$.

Anexo 12. Análisis de varianza de la fecha 2 para el control de Brassicaceas.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F cal	Pr>F
Tratamientos	8	19100.00000	2387.50000	17.28	<.0001*
Bloques	3	202.08333	67.36111	0.49	0.6942
Error	24	3316.66667	138.19444		
Total	35	22618.75000			

Anexo 13. Análisis de varianza de la fecha 3 para el control de Brassicaceas.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F cal	Pr>F
Tratamientos	8	25269.55556	3158.69444	91.73	<.0001*
Bloques	3	37.55556	12.51852	0.36	0.7799
Error	24	826.44444	34.43519		
Total	35	26133.55556			

Anexo 14. Análisis de varianza de la fecha 1 para el Total No Ponderado.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F cal	Pr>F
Tratamientos	8	9562.326389	1195.290799	40.37	<.0001*
Bloques	3	210.894097	70.298032	2.37	0.0953
Error	24	710.59028	29.60793		
Total	35	10483.81076			

Anexo 15. Análisis de varianza de la fecha 2 para el Total No Ponderado.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F cal	Pr>F
Tratamientos	8	9562.326389	1195.290799	40.37	<.0001*
Bloques	3	210.894097	70.298032	2.37	0.0953
Error	24	710.59028	29.60793		
Total	35	10483.81076			

*Si (Pr>F) < que α , existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. En este caso $\alpha=0.05$.

Anexo 16. Análisis de varianza de la fecha 3 para el Total No Ponderado.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F cal	Pr>F
Tratamientos	8	4405.670139	550.708767	18.97	<.0001*
Bloques	3	168.171875	56.057292	1.93	0.1515
Error	24	696.593750	29.024740		
Total	35	5270.435764			

Anexo 17. Análisis de varianza de la fecha 1 para el Total Ponderado 1.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F cal	Pr>F
Tratamientos	8	6812.503889	851.562986	44.14	<.0001*
Bloques	3	253.019653	84.339884	4.37	0.0136
Error	24	462.972222	19.290509		
Total	35	7528.495764			

Anexo 18. Análisis de varianza de la fecha 2 para el Total Ponderado 1.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F cal	Pr>F
Tratamientos	8	10971.43056	1371.42882	41.07	<.0001*
Bloques	3	230.43576	76.81192	2.30	0.1029
Error	24	801.48611	33.39525		
Total	35	12003.35243			

Anexo 19. Análisis de varianza de la fecha 3 para el Total Ponderado 1.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F cal	Pr>F
Tratamientos	8	4642.766250	580.345781	17.86	<.0001*
Bloques	3	94.264444	31.421481	0.97	0.4245
Error	24	779.954306	32.498096		
Total	35	5516.985000			

*Si $(Pr>F) < \alpha$, existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. En este caso $\alpha=0.05$.

Anexo 20. Análisis de varianza de la fecha 1 para el Total Ponderado 2.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F cal	Pr>F
Tratamientos	8	5607.970000	700.996250	55.35	<.0001*
Bloques	3	142.769722	47.589907	3.76	0.0241
Error	24	303.947778	12.664491		
Total	35	6054.687500			

Anexo 21. Análisis de varianza de la fecha 2 para el Total Ponderado 2.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F cal	Pr>F
Tratamientos	8	12379.50000	1547.43750	41.65	<.0001*
Bloques	3	260.57639	86.85880	2.34	0.0989
Error	24	891.61111	37.15046		
Total	35	13531.68750			

Anexo 22. Análisis de varianza de la fecha 3 para el Total Ponderado 2.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F cal	Pr>F
Tratamientos	8	5234.875000	654.359375	15.31	<.0001*
Bloques	3	83.836389	27.945463	0.65	0.5884
Error	24	1025.816111	42.742338		
Total	35	6344.527500			

Anexo 23. Análisis de varianza de la fecha 1 del primer experimento en invernadero.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F cal	Pr>F
Tratamientos	7	42030.46875	6004.35268	253.37	<.0001*
Repeticiones	3	171.09375	57.03125	2.41	0.0959
Error	21	497.65625	23.69792		
Total	31	42699.21875			

*Si $(Pr>F) < \alpha$, existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. En este caso $\alpha=0.05$.

Anexo 24. Análisis de varianza de la fecha 2 del primer experimento en invernadero.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F cal	Pr>F
Tratamientos	7	30349.21875	4335.60268	36.36	<.0001*
Repeticiones	3	127.34375	42.44792	0.36	0.7853
Error	21	2503.90625	119.23363		
Total	31	32980.46875			

Anexo 25. Análisis de varianza de la fecha 3 del primer experimento en invernadero.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F cal	Pr>F
Tratamientos	7	33650.00000	4807.14286	264.79	<.0001*
Repeticiones	3	18.75000	6.25000	0.34	0.7936
Error	21	381.25000	18.15476		
Total	31	34050.00000			

Anexo 26. Análisis de varianza de la fecha 1 del segundo experimento en invernadero.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F cal	Pr>F
Tratamientos	8	26688.88889	3336.11111	107.55	<.0001*
Repeticiones	3	80.55556	26.85185	0.87	0.4724
Error	24	744.44444	31.01852		
Total	35	27513.88889			

Anexo 27. Análisis de varianza de la fecha 2 del segundo experimento en invernadero.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F cal	Pr>F
Tratamientos	8	36234.72222	4529.34028	67.53	<.0001*
Repeticiones	3	46.52778	15.50926	0.23	0.8737
Error	24	1609.72222	67.07176		
Total	35	37890.97222			

*Si $(Pr>F) < \alpha$, existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. En este caso $\alpha=0.05$.

Anexo 28. Análisis de varianza de la fecha 3 del segundo experimento en invernadero.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F cal	Pr>F
Tratamientos	8	35396.72222	4424.59028	53.90	<.0001*
Repeticiones	3	275.33333	91.77778	1.12	0.3614
Error	24	37642.22222	82.09028		
Total	35	1970.16667			

*Si $(Pr>F) < \alpha$, existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. En este caso $\alpha=0.05$.