

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN RIEGOS

SENSIBILIDAD A HERBICIDAS DE LA MALEZA CAMPANILLA (*Pomoea silvicola*)
TESIS DE GRADO

DAVID AGUILAR MOLINA
CARNET 20765-04

JUTIAPA, SEPTIEMBRE DE 2015
SEDE REGIONAL DE JUTIAPA

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN RIEGOS

SENSIBILIDAD A HERBICIDAS DE LA MALEZA CAMPANILLA (*Ipomoea silvicola*)
TESIS DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR
DAVID AGUILAR MOLINA

PREVIO A CONFERÍRSELE
EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN RIEGOS EN EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADO

JUTIAPA, SEPTIEMBRE DE 2015
SEDE REGIONAL DE JUTIAPA

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RECTOR: P. EDUARDO VALDES BARRIA, S. J.
VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS
SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

DECANO: DR. ADOLFO OTTONIEL MONTERROSO RIVAS
VICEDECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ
SECRETARIA: ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES
DIRECTOR DE CARRERA: MGTR. LUIS MOISÉS PEÑATE MUNGUÍA

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

MGTR. LUIS MOISÉS PEÑATE MUNGUÍA

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN

ING. FELIPE NERI MORAN MORALES
ING. MARIA ISABEL MORAN SOSA DE YANES
ING. RONI OSMAN CARRILLO AGUILAR

Guatemala, 03 de septiembre de 2015.

Honorable

Comisión de Trabajos de Graduación

Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas

A quien corresponda:

Reciban un cordial saludo. Extiendo la presente para hacer constar que he acompañado al estudiante David Aguilar Molina (2076504) en el desarrollo de la Tesis titulada "SENSIBILIDAD A HERBICIDAS DE *Ipomoea* spp." tanto a nivel de campo como en la redacción del informe final y a mi criterio cumple con los requisitos que establece ésta Facultad y Universidad.

Atentamente refiero el documento para que continúe su proceso de revisión y aprobación.

Atentamente,



Mgtr. Luis Moisés Peñate Munguía

(Código docente 22169)

Ing. Luis Moisés Peñate Munguía M.A.
Especialista en Protección Vegetal
Colegiado 5495 CIAG

Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante DAVID AGUILAR MOLINA, Carnet 20765-04 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN RIEGOS, de la Sede de Jutiapa, que consta en el Acta No. 06105-2015 de fecha 11 de septiembre de 2015, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

SENSIBILIDAD A HERBICIDAS DE LA MALEZA CAMPANILLA (*Ipomoea silvicola*)

Previo a conferírsele el título de INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN RIEGOS en el grado académico de LICENCIADO.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 22 días del mes de septiembre del año 2015.



ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES, SECRETARIA
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
Universidad Rafael Landívar



AGRADECIMIENTOS

A

DIOS, porque me regaló la vida.

Mgr. Luis Moisés Peñate Munguía, por su apoyo en la realización de ésta tesis.

La Universidad Rafael Landívar, mi *Alma máter*.

ACTO QUE DEDICO

A

DIOS, por darme la sabiduría y el entendimiento.

Mis padres, Marta Molina Santos y Santos Aguilar Blanco, por el esfuerzo y apoyo que me dieron durante el desarrollo de mi carrera.

Mi esposa, Kimberly Celeste Botello Divas, por su incomparable paciencia y apoyo.

Mis hijos, Kimberly Topacio Aguilar Botello y Paulo David Aguilar Botello por ser mi inspiración para salir adelante.

Mis hermanos, Abraham, Lesvia y Sofía, por su cariño y comprensión.

El Claustro de la FCAA, Sede Jutiapa, por su desinteresada enseñanza.

ÍNDICE

RESUMEN	i
SUMMARY	ii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	2
2.1 <i>Ipomoea</i> spp.	3
2.1.1 ANATOMIA Y MORFOLOGÍA	6
2.1.2 IMPORTANCIA ECONÓMICA	7
2.1.3 DISTRIBUCIÓN MUNDIAL	7
2.2 2,4-D AMINA	8
2.2.1. Modo y mecanismo de acción	8
2.2.2. Consideraciones ambientales	9
2.3 PARAQUAT	9
2.3.1. Modo y mecanismo de acción	9
2.3.2. Consideraciones ambientales	10
2.4 GLIFOSATO	10
2.4.1 Modo y mecanismo de acción	10
2.4.2. Consideraciones ambientales	11
2.5 GLUFOSINATO DE AMONIO	11
2.5.1. Modo y mecanismo de acción	11
2.5.2. Consideraciones ambientales	12
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
3.1. Definición del problema y justificación del trabajo	13

IV. OBJETIVOS	14
4.1. GENERAL	14
4.2. ESPECÍFICOS	14
V. HIPÓTESIS	15
VI.METODOLOGÍA	16
6.1 LOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO	16
6.2 MATERIAL EXPERIMENTAL	16
6.3 FACTOR ESTUDIADO	16
6.4 DIAGNÓSTICO DE LA MALEZA	16
6.5 DESCRIPCION DE LOS TRATAMIENTOS	17
6.6 DISEÑO EXPERIMENTAL	18
6.7 MODELO ESTADISTICO	18
6.8 UNIDAD EXPERIMENTAL Y PARCELA NETA	18
6.9 ESQUEMATIZACION DEL EXPERIMENTO	18
6.10 VARIABLES DE RESPUESTA	19
6.11 MANEJO DEL EXPERIMENTO	20
6.12 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	20
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
7.1 DIAGNÓSTICO DE LA MALEZA	21
7.2 ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA MORFOLOGÍA DE PLANTA	23
7.2.1 ANCHO DE HOJAS	23
7.2.2 LARGO DE HOJAS	24
7.2.3 LARGO DE TALLOS	24
7.2.4 NÚMERO DE HOJAS POR TALLO	25
7.2.5. DISTANCIA ENTRE HOJAS	25

7.2.6 NÚMERO DE TALLOS POR PLANTA	26
7.2.7 MORFOMETRÍA DE LA PLANTA	27
7.3 SENSIBILIDAD A HERBICIDAS DE <i>Ipomoea silvicola</i>	31
7.3.1 DESCRIPCIÓN DE SINTOMATOLOGÍA	31
7.3.2 REGISTRO FOTOGRÁFICO DEL EFECTO DE LOS HERBICIDAS	34
7.3.3 MORTALIDAD DE PLANTAS	38
7.4 COMPARACIÓN DEL COSTO DE LOS HERBICIDAS	39
7.5 PROPUESTA DE USO DE HERBICIDAS PARA CONTROL DE <i>Ipomoea</i> spp. EN EL CULTIVO DE CAFÉ	40
VIII. CONCLUSIONES	42
IX. RECOMENDACIONES	43
X. BIBLIOGRAFÍA	44
ANEXO	47

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Tratamientos a evaluar.	17
Cuadro 2: Análisis de varianza, ancho de hoja en centímetros.	24
Cuadro 3: Análisis de varianza, largo de hojas en centímetros.	24
Cuadro 4: Análisis de varianza, largo de tallos en centímetros.	25
Cuadro 5: Análisis de varianza, número de hojas por tallo.	25
Cuadro 6: Análisis de varianza, distancia entre hojas.	26
Cuadro 7: Análisis de varianza, número de tallos por planta.	26
Cuadro 8: Resumen de morfometría de planta.	27
Cuadro 9: Análisis de varianza y prueba múltiple de medias de Tukey, mortalidad de plantas.	38
Cuadro 10: Comparación de costo de herbicidas.	40

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquematización de <i>Ipomoea triloba</i> . a1 Flor, desde arriba; a2, flor, vista lateral; b, corolla, abierta; c, pistil; d, capsula con caliz persistente; e1 – 2, semilla, dos vistas.	6
Figura 2: Mapa de distribución mundial de <i>Ipomoea triloba</i>	7
Figura 3: Diagrama de la fórmula química del 2,4 – D Amina.	8
Figura 4: Diagrama de la fórmula química de Paraquat.	9
Figura 5: Diagrama de la fórmula química de Glifosato.....	10
Figura 6: Diagrama de la fórmula química de Glufosinato de Amonio.....	11
Figura 7: Croquis del experimento. Nótese en amarillo el área entre parcelas, en rojo el borde de la unidad experimental y en verde la parcela neta.	19
Figura 8: Ovario disectado en corte transversal, nótese los cinco lóculos.	22
Figura 9: Sépalos largos, lanceolados, pilosos y sub coriáceos. Nótese el color púrpura brillante de los pétalos.	22
Figura 10: Hoja profundamente lobulada, de tres lóbulos.	23
Figura 11: Estado general de parcelas previo a ser tratadas con 2,4 – D.	28
Figura 12: Estado inicial de parcelas previo a ser tratadas con Paraquat.	29
Figura 13: Estado inicial de parcelas previo a ser tratadas con Glifosato.	29
Figura 14: Estado inicial de parcelas previo a ser tratadas con Glifosato.	30
Figura 15: Estado inicial de las parcelas testigo.	30
Figura 16: Curvatura del peciolo observada en <i>Ipomoea silvícola tratada con 2,4-D</i>	31
Figura 17: daño centrípeto observado en plantas tratadas con 2,4 - D.	32
Figura 18: Daño agudo ocasionado por Paraquat a <i>I. silvícola</i>	33
Figura 19: Ligera clorosis observada a 4 días de la aplicación de Glifosato.	33
Figura 20: Escala de daño observado para área foliar ocasionado por Glufosinato de Amonio, a 4 días de aplicación.	34
Figura 21: <i>I. silvícola</i> tratada con 2,4 – D a dos días de exposición.	34
Figura 22: <i>I. silvícola</i> tratada con Paraquat a dos días de exposición.	35
Figura 23: <i>I. silvícola</i> tratada con Glifosato a dos días de exposición.	35
Figura 24: <i>I. silvícola</i> tratada con Glufosinato de Amonio a dos días de exposición.	36
Figura 25: <i>I. silvícola</i> tratada con 2,4 – D a 20 días de exposición.....	36

Figura 26: *I. silvícola* tratada con Paraquat a 20 días de exposición..... 37
Figura 27: *I. silvícola* tratada con Gifosato a 20 días de exposición..... 37
Figura 28: *I. silvícola* tratada con Glufosinato de Amonio a 20 días de exposición. 38

SENSIBILIDAD A HERBICIDAS DE LA MALEZA CAMPANILLA (*Ipomoea silvicola*)

RESUMEN

El presente trabajo presenta una caracterización del potencial de daño de la maleza *Ipomoea* spp. Esta especie se considera como un complejo de especies de malezas, asociadas al cultivo de café. Se identificó como referencia la especie *Ipomoea silvicola*. Además en el presente trabajo se evaluó la sensibilidad a los siguientes herbicidas: 2,4 – D, Paraquat, Glifosato y Glufosinato de Amonio. La evaluación de los herbicidas se enmarcó en dos preguntas: ¿si afecta a plantas maduras? ¿Si alguno de los herbicidas evaluados no tiene un efecto satisfactorio sobre el control de la maleza? Para este componente se realizó un análisis morfométrico de la planta. Se evaluó: longitud de tallo, número de tallos por planta, numero de hojas por planta, distancia entre hojas, largo y ancho de hoja. Se logró establecer que la maleza es sensible a todas las moléculas evaluadas, sin embargo, desde la perspectiva de días control el Glifosato no reúne las condiciones para hacerlo recomendable. Se termina el trabajo con una propuesta de uso de herbicida para el control de la maleza en el cultivo de café.

**SENSITIVITY OF THE MORNING GLORY WEED (*Ipomoea silvicola*)
TO HERBICIDES**

ABSTRACT

This thesis brings a characterization of the potential damage of the weed *Ipomoea* spp. considering it as a species complex, particularly associated with the cultivation of coffee. As a reference of the study, *Ipomoea silvicola* was diagnosed. Also in this study the sensitivity of the weed was evaluated with the following herbicides; 2,4 - D, Paraquat, Glyphosate and Ammonium Gluphosinate. The evaluation of herbicides part of two questions: if it affects mature plants? And if any of the herbicides does not have a satisfactory effect on the weed control? For this, a morphometric analysis was performed measuring: stem length, number of stems per plant, number of leaves per plant, distance between leaves, leaf length and width were evaluated. It was established that the weed is sensitive to all the evaluated molecules; however, from the perspective of control, Glyphosate is not eligible to do so. The work ends with a proposal to use herbicide for weed control in the cultivation of coffee.

I. INTRODUCCIÓN

Ipomoea spp. es una maleza ampliamente distribuida a nivel mundial, el género *Ipomoea*, sólo en el hemisferio occidental, cuenta con entre 600 y 700 especies, muchas de ellas de importancia económica como malezas en diversos cultivos, la mayoría de las citadas especies, son nativas, en el presente estudio se tomó como referente *I. grandifolia* (sin. *I. triloba*) sin embargo, el diagnóstico preliminar realizado en el herbario de la Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas por el autor y asesor del documento refleja que la especie era *I. silvícola* (Austin, 1996).

Existen diversas fuentes que respaldan lo apreciado en campo en Guatemala, a falta de datos locales que permitan cuantificar y/o entender la magnitud del daño o potencial daño a cultivos asociado a ésta plaga, se enmarcó de forma global, existen diversos registros de la presencia de especies de *Ipomoea* spp. en Guatemala (Departamento de Industrias Primarias y Pesca, 2008), (Espinoza & Morales, 2009), (Cruz, 2015), (César Martínez, S.f.).

En Guatemala, aunque al momento no se cuenta con los datos oficiales, se requirió a través del portal al acceso a la información un listado de los herbicidas más utilizados, reflejando que 2,4 – D Amina, Paraquat, Glifosato y Glufosinato de Amonio son los más utilizados en la producción de cultivos alimenticios, base de selección para el presente estudio. Todos prescriben para *Ipomoea* spp y se recomiendan de acuerdo a sus panfletos en diversos cultivos como¹: Sorgo, Café, Caña de Azúcar, Arroz, Maíz, Pastos, Aguacate, Cítricos, Palma Africana, Banano, Macadamia, Algodón, Melón, Mango, Piña, Papa, Lechuga, Repollo, Cebolla, Apio, y Soya (EDIFARM internacional Centroamérica, 2010) (Barillas, 2014), (Bayer CropScience, S.F.).

Los agroquímicos son las sustancias más peligrosas con las que entran en contacto los productores, sobre todo los pequeños y de cultivos alimenticios básicos, por éste

¹ No necesariamente implicando la presencia de *Ipomoea* en todos los cultivos, Paraquat y Glifosato son herbicidas no selectivos.

motivo, se planteó analizar los citados y más utilizados herbicidas en el control de *Ipomoea* spp. con el objeto de proveer elementos de análisis para ofrecer recomendaciones técnicas en su selección, de tal manera que de ser aplicados pueda disminuirse el riesgo de uso y/o uso innecesario de alguno de ellos en el control, de acuerdo a los resultados ha sido producto directo no recomendar el uso de Glifosato al no ocasionar un control satisfactorio de la maleza, más allá de que ésta sea sensible a él. Se provee de un programa fitosanitario integrando los principales hallazgos de la investigación y criterios para su rotación.

Existen diversos estudios, particularmente el de Barillas (2014) realizado en El Salvador, en el que muestra elementos sobre la susceptibilidad de *I. purpurea* a 2,4 – D Amina, Glifosato y Paraquat, no describe efectivamente, la sensibilidad de la maleza a los citados herbicidas y no consideró evaluar el Glufosinato de Amonio, además, no se brindan elementos de reducción de riesgo al apareamiento de resistencia en malezas, por lo que el presente estudio resulta complementario. En ésta Tesis, se detalla la morfometría de la planta, aunque no se pudo determinar diferentes etapas fenológicas más que el crecimiento vegetativo. Existen diversas referencias de resistencia a herbicidas cuando la planta cuenta con ocho hojas o más, Signh & Abugho (2011), sin embargo, el único caso concurrente con lo que se presenta es para Glifosato, en todos los otros casos, la morfometría de la planta supera lo indicado por Signh y Abugho y aún así hay sensibilidad y control efectivo por 2,4-D, Paraquat y Glufosinato de Amonio; existen a su vez otros registros de potencial resistencia a Glifosato por malezas del género *Ipomoea* como Daita, Zorza y Fernández (S.F.) que resultan concurrentes a los resultados que se presentan.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. *Ipomoea* spp.

Según Austin y Austin & Huamán, citados por Huamán (1999), la serie botánica Batatas contiene 13 especies emparentadas con el Camote (*Ipomoea batatas*), entre las cuales se encuentra *I. grandifolia* (p. 2). Puede inferirse que como recurso fito genético podría tener alguna importancia, sin embargo, en éste documento se hace énfasis en su importancia como maleza para diversos cultivos y la necesidad de mejorar su control químico.

Existen diversas fuentes que indican la gran cantidad de especies dentro de *Ipomoea* que son consideradas malezas, algunas de ellas: Rapoport y Gowda (2007), “dentro del género *Ipomoea* se encuentran 57 especies consideradas malezas” de las que sin embargo, 19 son comestibles; según Randall (2012), las especies de malezas dentro del género *Ipomoea* son las siguientes:

1. *I. acuminata* (Vahl) Roem & Schult.
2. *I. adenoides* Schinz.
3. *I. alba* L.
4. *I. amnicola* Choisy.
5. *I. angustifolia* Jacq.
6. *I. aquatica* Forsk.
7. *I. arborescens* (Humb. & Bonpl. ex Wild.) G. Don.
8. *I. arenaria* Roemer & Schult, *non* Steudel.
9. *I. aristolochiaefolia* (Kunth) Don.
10. *I. asarifolia* (Derr.) Roem & Schult.
11. *I. asperifolia* Hallier F.
12. *I. barbatisepala* Gray.
13. *I. barbiger* Sweet.
14. *I. batatas* (L.) Lam. (mas una variedad).
15. *I. batatoides* Choisy.
16. *I. biflora* (L.) Pers.
17. *I. blepharosepala* Hochst ex A. Rich.
18. *I. caerulea* Koen ex Roxb.
19. *I. cairica* (L.) Sweet.
20. *I. calobra* W. Hill & F. Müell.
21. *I. caloneura* Meissn.
22. *I. cardiophylla* A. Gray.
23. *I. cardiosepala* Meissn.
24. *I. carnea* Jacq. (mas dos sub especies).
25. *I. cholulensis* H.B.K.
26. *I. chryseides* Ker. – Gawl.
27. *I. coccinea* L.

28. *I. congesta* R.Br.
 29. *I. coptica* (L.) Roth ex Roem & Schult.
 30. *I. cordatotriloba* Dennst. (mas tres variedades).
 31. *I. cordifolia* Carey ex Voight.
 32. *I. cordofana* Choisy.
 33. *I. coscinosperma* Hochst ex Choisy.
 34. *I. crassifolia* Cav.
 35. *I. crassipes* Hook.
 36. *I. cristuala* Hallier F.
 37. *I. cymosa* Roem & Schult.
 49. *I. hardwickii* (Spreg.) Hemsl.
 50. *I. hederacea* (L.) Jacq. (mas dos variedades). *I. hederifolia* L.
 51. *I. heterotricha* F. Didr.
 52. *I. hirsutula* J. Jacq.
 53. *I. hispida* (Vahl) Roem & Schult.
 54. *I. hochstetteri* House.
 55. *I. horsfalliae* Hook.
 56. *I. imperati* (Vahl) Griseb.
 57. *I. indica* (Burm) Herr. (mas una variedad).
 58. *I. indivisa* H. Hallier.
 59. *I. intrapilosa* Rose.
 60. *I. involucrata* Beaus.
 61. *I. kituiensis* Vatke.
 62. *I. lacunosa* L. (mas dos formas).
 63. *I. laeri* Paxt.
 64. *I. leptophylla* Torr.
 38. *I. cynanchifolia* Meissn.
 39. *I. dealbata* Hensl.
 40. *I. digitata* auct.
 41. *I. dumetorum* Willd ex. Roem & Schult.
 42. *I. dissecta* (Jacq.) Pursh.
 43. *I. eriocarpa* R. Br.
 44. *I. fimbriosepala* Choisy.
 45. *I. fistulosa* Mart ex Choisy.
 46. *I. gossypioides* Parodi.
 47. *I. gracilis* R. Br.
 48. *I. grandifolia* (Dammer) O'Donell.
 65. *I. leptotoma* Torr.
 66. *I. leucantha* Jacq.
 67. *I. lindheimeri* A. Gray.
 68. *I. littoralis* (L.) Blume.
 69. *I. lobata* (Cerv.) Thell.
 70. *I. lonchophylla* J. M. Black.
 71. *I. macrantha* Roem & Schult.
 72. *I. macrorhiza* Michx.
 73. *I. magnusiana* Schinz. (mas una sub especie).
 74. *I. marginata* (Desr) Verde.
 75. *I. marginisepala* O'Donell.
 76. *I. mauritiana* Jacq.
 77. *I. maxima* (L. F.) Don ex Sweet.
 78. *I. minutiflora* (M. Martens & Galeotli) House.
 79. *I. muelleri* Benth.
 80. *I. multifida* Raf. Schim.

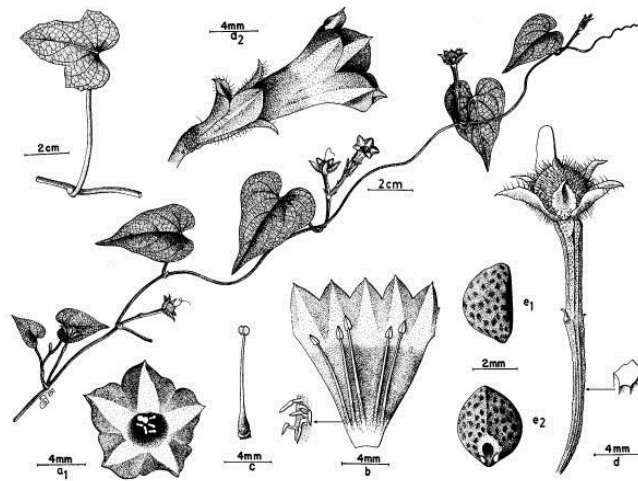
81. *I. muricata* (L.) Jacq.
82. *I. mutabilis* Lindl.
83. *I. nil* (L.) Roth (mas una variedad).
84. *I. obscura* (L.) Ker-Gawl (mas una variedad).
85. *I. orizabensis* (Pellet) Ledeb ex Steud.
86. *I. pandurata* (L.) G. Mey.
87. *I. peltata* (L.) Choisy.
88. *I. pes-caprae* (L.) R. Br. (mas una sub especie).
89. *I. tigridis* L.
90. *I. pileata* Roxb.
91. *I. plebeia* R. Br. (mas una sub especie).
92. *I. polyantha* Roem & Schult.
93. *I. polymorpha* Roem & Schult.
94. *I. pulchella* Roth.
95. *I. purga* (Wender) Hayne.
96. *I. purpurea* (L. Roth).
97. *I. quamoclit* L.
98. *I. quinata* R. Br.
99. *I. quinquefolia* L.
100. *I. ramosissima* (Poir) Choisy.
101. *I. reptans* Poir.
102. *I. rubriflora* O'Donell.
103. *I. sagittata* Poir.
104. *I. sepiaria* J. Konig ex Roxb.
105. *I. sescossiana* Baill.
106. *I. setifera* Poir.
107. *I. setosa* Ker-Gawl.
108. *I. sibirica* (L.) Pers.
109. *I. sinensis* (Desr.) Choisy (mas una sub especie).
110. *I. sinuata* Ortega.
111. *I. squamosa* Choisy.
112. *I. stans* Cav.
113. *I. staphylina* Roem & Schult.
114. *I. stolonifera* (Cirillo) J. F. Gmel.
115. *I. tibacea* (Willd.) Choisy.
116. *I. trichocarpa* Elliott (mas una variedad).
117. *I. tricolor* Cav.
118. *I. trifida* (Kunth) Don.
119. *I. triloba* L.
120. *I. tuba* (Schltdl.) Don.
121. *I. tuberosa* L.
122. *I. tuboides* Deg. & van Ooststr.
123. *I. turbinata* Lag.
124. *I. tyrianthina* Lindl.
125. *I. variabilis* Choisy.
126. *I. violacea* L.
127. *I. wightii* (Wall.) Choisy (mas una variedad).

Existen diversas especies dentro de éste género y aunque el diagnóstico preliminar indica que la especie empleada en el análisis es *I. silvícola* seguramente hay un complejo de especies que afectan al cultivo de café, claramente no es una sola especie, se toma ésta como representativa al encontrarse ampliamente distribuida en el área sur oriental y sur occidental de Guatemala como plaga en el cultivo.

2.1.1. ANATOMIA Y MORFOLOGÍA

Entre las referencias florísticas regionales, Carranza (2008) indica que la variabilidad dentro del citado género agrupa plantas de gran diversidad morfológica, desde pequeñas herbáceas hasta lianas y árboles, con tallos volubles, trepadores o erectos, flores de diversos colores dentro del espectro del rojo, blanco, amarillo, azul y púrpura, de igual manera hojas desde 3 hasta 7 lobadas, con ápices desde agudos hasta mucronados.

Para la especie de referencia, se trata de una planta herbácea, trepadora. Se presenta a continuación un dibujo de sus principales estructuras anatómicas.



Fuente: Según el Centro de Biociencia Agrícola Internacional (2015), derechos de autor de: SEAMEO-BIOTROP (S.F.).

Figura 1: Esquematación de *Ipomoea triloba*. a1 Flor, desde arriba; a2, flor, vista lateral; b, corolla, abierta; c, pistil; d, capsula con caliz persistente; e1 – 2, semilla, dos vistas.

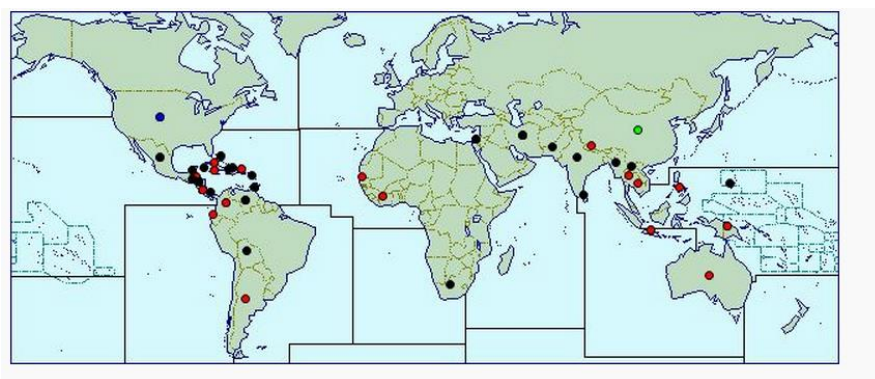
2.1.2. IMPORTANCIA ECONÓMICA

Ipomoea triloba se considera una especie invasiva o maleza importante en diversos países, según el CABI (2015), se considera una maleza “seria” en Australia y Filipinas, una maleza “principal” en Cuba, Hawaii y Honduras, y una maleza “común” en Argentina, Jamaica e Indonesia, cabe mencionarse que se ha diagnosticado como hospedera alterna de *Meloidogyne incognita* y *M. javanica*, ambas especies de gran importancia económica en diversos cultivos de los que cuentan con más extensión cultivada en Guatemala como el café y áreas productoras de hortalizas de diversa índole, recientemente exploradas (Castillo, 2014).

Aunque no se cuenta con la cuantificación del daño específicamente ocasionado por la maleza bajo estudio, se cuenta con diversas referencias de su importancia en diversos cultivos como: Sorgo, Café, Caña de Azúcar, Arroz, Maíz, Pastos, Aguacate, Cítricos, Palma Africana, Banano, Macadamia, Algodón, Melón, Mango, Piña, Papa, Lechuga, Repollo, Cebolla, Apio, y Soya (EDIFARM internacional Centroamérica, 2010) (Barillas, 2014), (Bayer CropScience, S.F.).

2.1.3. DISTRIBUCIÓN MUNDIAL

Ipomoea como género está presente en todo el mundo, la especie de referencia *I. triloba*, se encuentra ampliamente distribuida, como se presenta en el siguiente gráfico, se cuenta con registros de diagnóstico en Guatemala (Centro de Biociencia Agrícola Internacional, 2015).



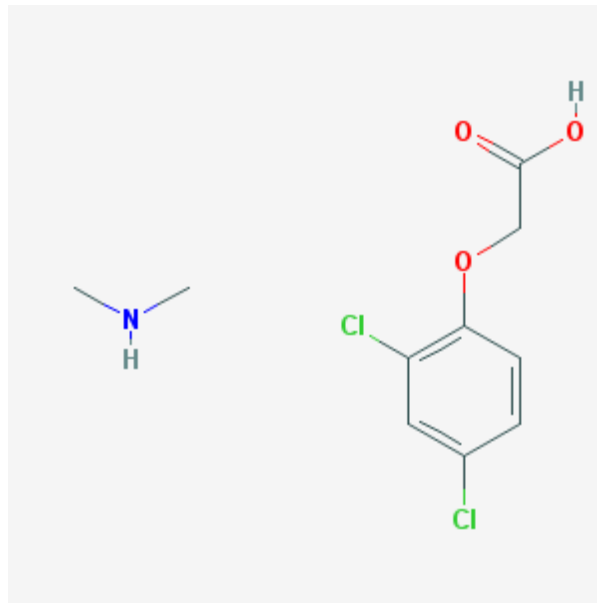
Fuente: Según el Centro de Biociencia Agrícola Internacional (2015).

Figura 2: Mapa de distribución mundial de *Ipomoea triloba*.

Puede notarse del anterior la presencia tanto sin detalles como localizada (marcas negra y roja respectivamente) dentro del territorio nacional.

2.2. 2,4-D AMINA

O 2,4 – D, dimetilamina, sal o Ácido 2,4 – dichlorofenoxiacético. Es uno de los herbicidas más utilizados en Guatemala, para el control de malezas de hoja ancha, se utiliza en post emergencia.



Fuente: U.S. E.P.A. (2015).

Figura 3: Diagrama de la fórmula química del 2,4 – D Amina.

2.2.1. Modo y mecanismo de acción

Se considera como un plaguicida sistémico, luego de aplicado, “el transporte ocurre vía simplasto con los asimilados de la fuente de producción a los órganos en consumo o almacenamiento. Generalmente exhiben un corto efecto residual” (Espinoza & Morales, 2009).

El grupo de herbicidas al que pertenece éste, fenóxidos, interfieren en la síntesis de ácidos nucleídos, influyendo así la síntesis proteica en diferentes etapas, afectando la

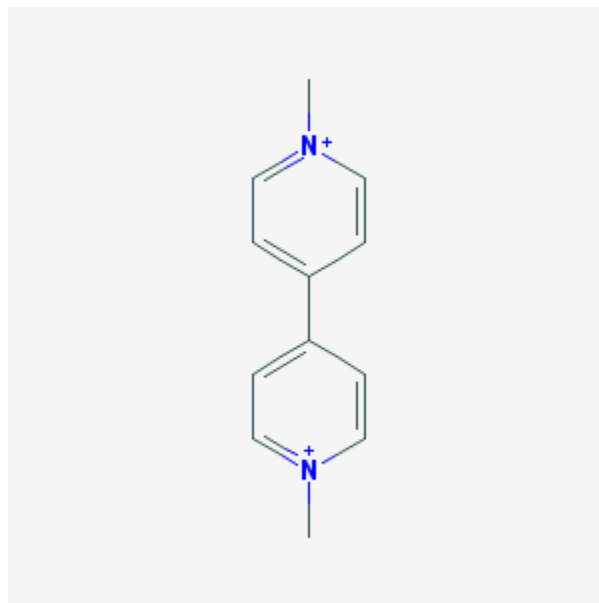
regulación de ADN durante la formación de ARN, tal efecto puede ser alcanzado por la represión de un gene o activación de ARN polimerasas (Espinoza & Morales, 2009).

2.2.2. Consideraciones ambientales

Según el *Pesticide Action Network* (2015), PAN por sus siglas en inglés considera que el citado herbicida produce moderadamente toxicidad aguda, es posible carcinógeno, no es inhibidor de acetil-colinesterasa, potencial contaminante de suelo, y se sospecha de él como disruptor endocrino, también como potencial contaminador de agua subterránea.

2.3. PARAQUAT

Herbicida perteneciente al grupo de los bipyridilos, inespecífico, denominado quemante, se utiliza en post emergencia.



Fuente: U.S. E.P.A. (2015).

Figura 4: Diagrama de la fórmula química de Paraquat.

2.3.1. Modo y mecanismo de acción

Se considera herbicida quemante (de contacto), no selectivo, con alta capacidad de adsorción en arcillas del suelo. El sitio de acción del Paraquat es el cloroplasto, actúa en el fotosistema I, en síntesis, su acción produce la generación de super óxidos, que

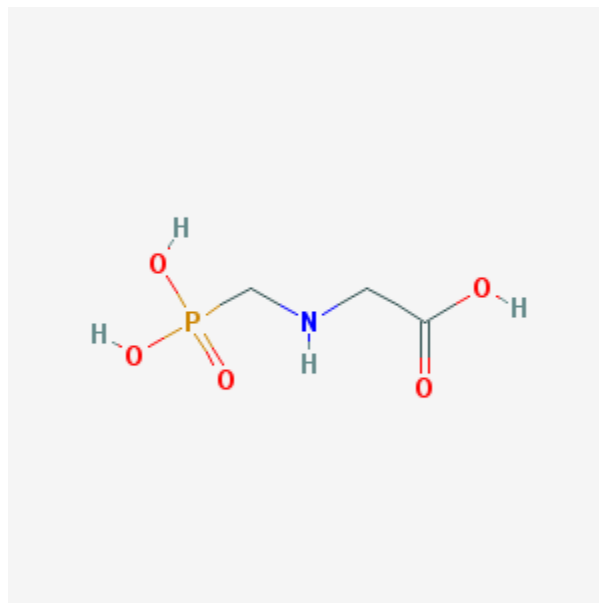
atacan grasas insaturadas de la membrana celular, desintegrando tejidos (Espinoza & Morales, 2009).

2.3.2. Consideraciones ambientales

El Paraquat es un agroquímico considerado altamente tóxico por el PAN, de alta toxicidad aguda, más allá de su categoría toxicológica (OMS), aunque no sea cancerígeno conocido. No es inhibidor de acetil colinesterasa, es potencial contaminante de suelo y se sospecha de él como disruptor endocrino.

2.4. GLIFOSATO

Herbicida perteneciente al grupo de los Fosfónicos, aunque no se considera inespecífico, es tóxico para una amplia gama de malezas, se utiliza en post emergencia.



Fuente: U.S. E.P.A. (2015).

Figura 5: Diagrama de la fórmula química de Glifosato.

2.4.1. Modo y mecanismo de acción

Luego de aplicado, se tranloca dentro de la planta con gran agilidad vía apoplasto y simplasto. Afecta la síntesis de proteínas en áreas de activo crecimiento, inhibe la

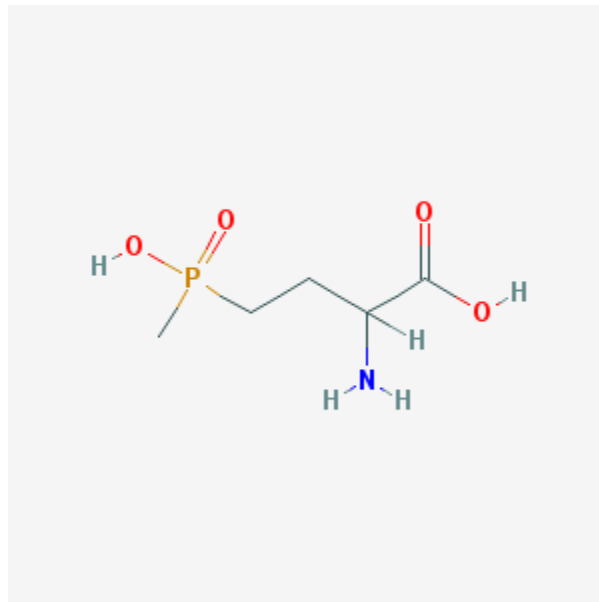
enzima EPSP (ácido – 5 enolpiribil chiquímico, 3 fosfato sintetasa) que provoca la evolución del ácido chiquímico e inhibe la síntesis de aminoácidos como triptófano, tirosina y fenilalanina (Espinoza & Morales, 2009).

2.4.2. Consideraciones ambientales

Según la PAN (2015), produce ligera toxicidad aguda, no es carcinógeno conocido, no es inhibidor de acetil colinesterasa, es potencial contaminante de suelo.

2.5. GLUFOSINATO DE AMONIO

Herbicida perteneciente al grupo denominado ácidos fosfónicos, aunque no es inespecífico, afecta una amplia gama de malezas.



Fuente: U.S. E.P.A. (2015).

Figura 6: Diagrama de la fórmula química de Glufosinato de Amonio.

2.5.1. Modo y mecanismo de acción

Afecta las áreas con mayor actividad fotosintética de la planta, penetra vía foliar, una vez dentro de la planta su movilidad es baja. Inhibe la biosíntesis de glutamina, la cual funciona como fuente de amonio para la creación de gran cantidad de enzimas.

También afecta indirectamente la fotosíntesis al inhibir la fotorrespiración y la formación de histidina y metionina (Espinoza & Morales, 2009).

2.5.2. Consideraciones ambientales

Según la PAN (2015), no es una sustancia carcinógena conocida, tampoco inhibe la acetil colinesterasa, es potencialmente contaminante del agua.

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1. Definición del problema y justificación del trabajo

Existen diversas referencias de la importancia de *Ipomoea* spp. como maleza en diversos cultivos en Guatemala, de igual manera los herbicidas 2, 4 – D Amina, Paraquat, Glifosato y Glufosinato prescriben para su control.

Se han realizado diversos esfuerzos para optimizar el uso de éstos herbicidas, sustancias peligrosas con las que debe lidiar el productor, particularmente peligrosos para el pequeño, que no cuente con los recursos necesarios (económicos, conocimiento) para su utilización racional, sin embargo, con algunas debilidades, como se ha descrito anteriormente, sin hacer referencia a la fenología y estado de crecimiento de la planta y generando incongruencias con la tolerancia o resistencia a Glifosato en concreto (Daita, Zorza y Fernández, S.F.).

El problema se materializa en la necesidad de control químico para combatir la citada maleza en Guatemala, aunque se carece de información que muestre categóricamente su efecto nocivo, es bien conocido empíricamente. Por otra parte, el problema se delinea con la carencia de algunos elementos, entre ellos la sensibilidad actual a los citados herbicidas de *Ipomoea silvicola*, para robustecer las recomendaciones para su uso, orientándolos hacia un uso racional, que considere la mitigación de riesgo de apareamiento de resistencia y permita optimizar su efecto al ponerse en práctica.

IV. OBJETIVOS

4.1. GENERAL

Caracterizar la sensibilidad a 2, 4 – D Amina, Paraquat, Glifosato y Glufosinato de Amonio de *Ipomoea* spp.

4.2. ESPECÍFICOS

Diagnosticar la especie de *Ipomoea* tratada como referencia.

Caracterizar el efecto de los citados herbicidas sobre *Ipomoea* spp.

Relacionar el efecto de los herbicidas al estado de crecimiento y fenología de la maleza tratada.

Elaborar una propuesta de manejo de la maleza, que incluya el uso de herbicidas.

Comparar económicamente el uso de los herbicidas empleados para el control de *Ipomoea* spp.

V. HIPÓTESIS

Nula: Los herbicidas 2, 4 – D Amina, Paraquat, Glifosato y Glufosinato de Amonio no controlan la maleza *Ipomoea* spp.

Alternativa: Al menos uno de los citados herbicidas produce un efecto de control, significativamente superior a los demás.

VI. METODOLOGÍA

6.1. LOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO

El Centro de Prácticas de Campo San Ignacio, donde se llevo a cabo la investigación, ubicado en el Campus Central, Vista Hermosa III, Zona 16, según Wilches, citado por Guzmán (2012) se encuentra ubicado en las coordenadas geográficas: Latitud 14° 35' 46.6", Longitud 90° 29' 7.4" Oeste, a una altitud aproximada de 1571 msnm (p.14).

6.2. MATERIAL EXPERIMENTAL

Se utilizó herbicidas conteniendo los siguientes ingredientes activos: 2, 4 – D Amina, Paraquat, Glifosato y Glufosinato de Amonio.

El material vegetal empleado fue según el diagnóstico realizado fue *Ipomoea silvícola*. Ésta se cultivado bajo invernadero para acelerar su reproducción, primero en macetas comunitarias para producir estolones y posteriormente en bandejas oradadas para producción de pilones.

La procedencia de la maleza fue la Finca San Vicente, ubicada en La Reforma, San Marcos, altitud: 1321 metros sobre el nivel del mar.

6.3. FACTOR ESTUDIADO

Efecto herbicida de los ingredientes activos: 2, 4 – D Amina, Paraquat, Glifosato y Glufosinato de Amonio, sobre *Ipomoea silvícola*.

6.4. DIAGNÓSTICO DE LA MALEZA

El diagnóstico se realizó en el herbario de la Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas de la Universidad Rafael Landívar empleando la Flora de Guatemala.

6.5. DESCRIPCION DE LOS TRATAMIENTOS

A continuación se resumen los tratamientos aplicados:

Código	Ingrediente activo	Nombre comercial	Dosis por hectárea cc (recomendado)	Ingrediente activo por unidad experimental cc (recomendado)	Mezcla por unidad experimental cc
T1	2, 4 - D Amina	Hedonal 72 SL	2100	0.210	20
T2	Paraquat	Angluron 30 SL	2250	0.225	20
T3	Glifosato	Roundup 35.6 SL	3500	0.350	20
T4	Glufosinato de amonio	Finale 15 SL	2000	0.200	20
T5	Testigo absoluto	---	---	---	---

Cuadro 1. Tratamientos a evaluar.

La aplicación de los tratamientos se realizó con equipo manual convencional: aspersora marca Matabi, modelo super agro 16, con boquilla XR 11003VS, realizando una cobertura homogénea de acuerdo al método de una vía que consiste en un movimiento pendular de brazo en función de lo reducido del área de aplicación, distribuyendo de acuerdo al ancho del abanico la mezcla herbicida homogéneamente sobre toda el área. Cabe ampliarse que por la naturaleza de la investigación, lo requerido no es cuantificar específicamente un volumen exacto de herbicida sobre el área experimental, sino, exponer el tejido vegetal a una concentración dada por la dosis recomendada de mezcla herbicida, también cabe indicarse que el resultado de la aspersión, cualitativamente fué satisfactorio puesto que la cobertura alcanzada fue buena, sin escurrimiento ni deriva.

Se estimó que con éste método se tendría aproximadamente 20 centímetros cúbicos de mezcla sobre cada metro cuadrado de maleza.

6.6. DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental a utilizar fue en Bloques Completos al Azar con 5 tratamientos y 4 repeticiones.

6.7. MODELO ESTADISTICO

A continuación, se presenta el modelo estadístico del DBCA (López, 2009).

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + B_j + \varepsilon_{ij}$$

Y_{ij} = Efecto de los herbicidas sobre días de control y mortalidad de *Ipomoea* spp.

μ = media general de la variable respuesta.

τ_i = efecto del i-ésimo tratamiento en las variables dependientes.

B_j = efecto del j-ésimo bloque en las variables dependientes.

ε_{ij} = error experimental asociado a la ij-ésima unidad experimental.

6.8. UNIDAD EXPERIMENTAL Y PARCELA NETA

La unidad experimental constó de un metro cuadrado, dentro de éste se plantaron 36 plantas (estolones enraizados) de *Ipomoea silvicola* sin embargo, la parcela neta constó de las 16 plantas internas, 20 plantas rodeando, sobre el borde.

Las unidades experimentales fueron de un metro de largo y un metro de ancho, cuadradas, separadas por 50 centímetros en ambas direcciones.

6.9. ESQUEMATIZACION DEL EXPERIMENTO

A continuación se presenta el esquema (croquis) del experimento, en amarillo puede notarse el espacio entre parcelas, en rojo el borde de la unidad experimental, en verde, las parcelas netas, cada cuadro representa una planta.

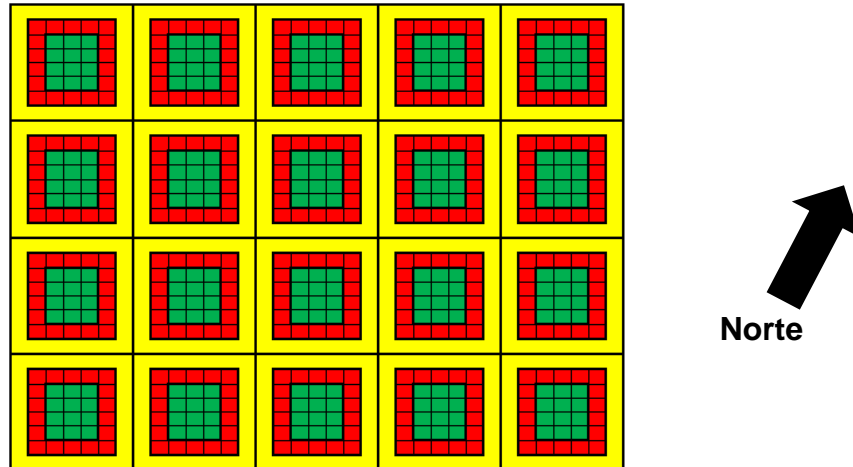


Figura 7: Croquis del experimento. Nótese en amarillo el área entre parcelas, en rojo el borde de la unidad experimental y en verde la parcela neta.

6.10. VARIABLES DE RESPUESTA

Las variables de respuesta fueron:

- a. Días de control: se definió como el número de días sin que las malezas muestren crecimiento activo, de forma visual, puede interpretarse como el cambio de cobertura vegetal entre la producida por efecto del herbicida y una posterior (días de control) por la naturaleza del efecto encontrado en la experimentación esto pasa a ser únicamente una referencia, el mayor peso recayó en mortalidad.
- b. Mortalidad: se definió como el número de plantas que murieron como producto de la aplicación de los productos (luego de su aplicación).

Con la última se realizó el análisis estadístico diferencial, sin embargo, la mayor riqueza del trabajo es la descripción cualitativa del efecto herbicida, se describen otras variables de forma cuantitativa.

- c. Sintomatología: se caracterizó la sintomatología presentada por las plantas tratadas, se describieron características organolépticas como color, estado, de acuerdo a una escala elaborada con material tratado.

- d. Crecimiento: se midieron las plantas, obteniendo su longitud máxima, número de guías o tallos principales, número de hojas, ancho y largo de hojas y distancia entre hojas.

Inicialmente se planteó elaborar una curva fenológica, sin embargo, las plantas no cambiaron de etapa fenológica, manteniéndose en todo el tiempo del ensayo en etapa de crecimiento vegetativo.

6.11 MANEJO DEL EXPERIMENTO

En función de la capacidad de adaptación de la especie, se consideró aplicarle riego únicamente en la etapa de establecimiento, resultando necesario por la irregularidad de las lluvias, no se realizó control de plagas, ni enfermedades, únicamente se limpió de otras malezas que pudiesen intervenir en la cobertura con los tratamientos.

6.12. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Se presenta primero el diagnóstico, luego un análisis estadístico descriptivo y comparativo de la morfometría de la planta, amplia evidencia fotográfica, interpretada del efecto de los herbicidas además de una minuciosa descripción de la sintomatología y se cierra con un análisis de varianza de la mortalidad de las plantas por herbicida de acuerdo con el diseño del experimento únicamente en ésta se realiza una prueba múltiple de medias según Tuckey, empleando como criterio de inferencia una significancia de 0.05.

En cuanto al análisis económico se comparan los costos de los herbicidas, considerando que su costo de aplicación es el mismo, se sintetiza en un cuadro.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1. DIAGNÓSTICO DE LA MALEZA

Se realizó en el Herbario de la Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas de la Universidad Rafael Landívar, empleando los tomos I y XI de la Flora de Guatemala (Standley, 1958).

Dentro de la clave para el género *Ipomoea* (Convolvulaceae), se consideraron los siguientes caracteres botánicos, mismos que se presentan fotográficamente para el diagnóstico de *I. silvícola*.

Interpretado de inglés (escritura original de Flora of Guatemala):

- Plantas reptantes o enredaderas, usualmente herbácea.
 - Sépalos herbáceos por lo menos en su parte superior, coriáceos o subcoriáceos, cubiertos con pilosidades, densamente, ovario de 3 celdas (5 en la práctica, haciendo referencia a series pares e impares de celdas en ovario).
 - Sépalos pilosos.
 - Hojas profundamente lobadas de 3 a 7 lóbulos.
 - Sépalos linear-lanceolados de cerca de 25 milímetros de largo..... *I.silvicola*.

A continuación se presentan fotografías de los caracteres indicados:



Figura 8: Ovario disectado en corte transversal, nótese los cinco lóculos.

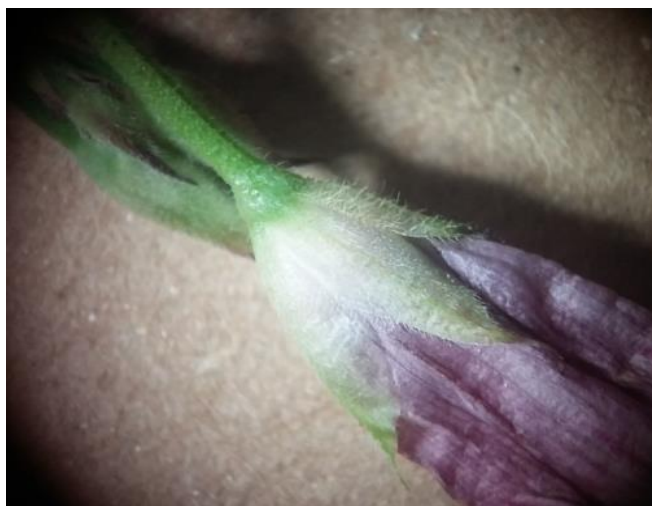


Figura 9: Sépalos largos, lanceolados, pilosos y sub coriáceos. Nótese el color púrpura brillante de los pétalos.

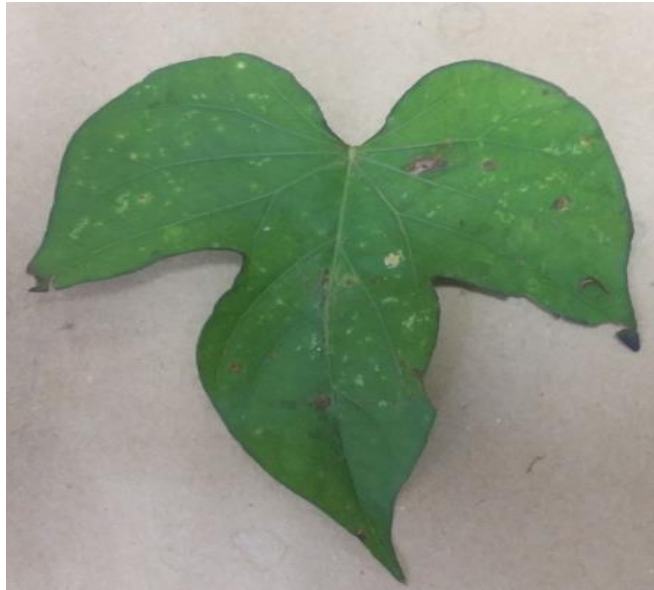


Figura 10: Hoja profundamente lobulada, de tres lóbulos.

7.2. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA MORFOLOGÍA DE PLANTA

A continuación se presentan las variables morfométricas cuantificadas, haciendo énfasis en su comparación. La importancia de tal comparación tiene que ver con responder preguntas de investigación como ¿el efecto de los herbicidas es igual con plantas de diferente talla, particularmente plantas maduras? y ¿existe diferencia entre la morfometría de las plantas por tratamiento?, dada la variabilidad de los esquejes al momento de la propagación inicial.

A continuación se presenta un cuadro con el resumen de los tiempos de crecimiento en diversas etapas de propagación para contextualizar el efecto que posteriormente se describe por herbicida empleado.

7.2.1. ANCHO DE HOJAS

A continuación se presenta un análisis de varianza del ancho de hoja, en función de los tratamientos herbicidas planteados.

Cuadro 2: Análisis de varianza, ancho de hoja en centímetros.

ANÁLISIS DE VARIANZA				
VARIABLE	ANCHO DE HOJA EN CENTÍMETROS			
CV:	20.14			
N:	100			
FV	SC	GL	CM	P-VALOR
MODELO	117.79	7	16.83	<0.0001
TRATAMIENTO	7.32	4	1.83	0.4848
REPETICIÓN	110.47	3	36.82	<0.0001
ERROR	193.49	92	2.10	
TOTAL	311.28	99		

Del cuadro presentado se puede inferir que no existe diferencia entre el ancho de las hojas de las plantas a ser objeto de aplicación de tratamientos herbicidas (p 0.4848).

7.2.2. LARGO DE HOJAS

A continuación se presenta un análisis de varianza del largo de hoja, en función de los tratamientos herbicidas planteados.

Cuadro 3: Análisis de varianza, largo de hojas en centímetros.

ANÁLISIS DE VARIANZA				
VARIABLE	LARGO DE HOJAS EN CENTÍMETROS			
CV:	15.61			
N:	100			
FV	SC	GL	CM	P-VALOR
MODELO	51.54	7	7.36	<0.0001
TRATAMIENTO	2.92	4	0.73	0.5748
REPETICIÓN	48.62	3	16.21	<0.0001
ERROR	92.12	92	1.00	
TOTAL	143.66	99		

En función de los resultados, se concluye que no existe diferencia estadísticamente significativa entre el largo de las hojas entre parcelas experimentales (p 0.5748).

7.2.3. LARGO DE TALLOS

A continuación se presenta un análisis de varianza del largo de tallos, en función de los tratamientos herbicidas planteados.

Cuadro 4: Análisis de varianza, largo de tallos en centímetros.

ANÁLISIS DE VARIANZA				
VARIABLE	LARGO DE TALLOS EN CENTÍMETROS			
CV:	29.7			
N:	100			
FV	SC	GL	CM	P-VALOR
MODELO	134662.06	7	19237.44	<0.0001
TRATAMIENTO	10840.70	4	2710.17	0.4351
REPETICIÓN	123821.36	3	41273.79	<0.0001
ERROR	260555.94	92	2832.13	
TOTAL	395218.00	99		

En función de los resultados, se concluye que no existe diferencia estadísticamente significativa entre el largo de los tallos entre parcelas experimentales (p 0.4351).

7.2.4. NÚMERO DE HOJAS POR TALLO

A continuación se presenta un análisis de varianza del número de hojas por tallo, en función de los tratamientos herbicidas planteados.

Cuadro 5: Análisis de varianza, número de hojas por tallo.

ANÁLISIS DE VARIANZA				
VARIABLE	NÚMERO DE HOJAS POR TALLO			
CV:	33.35			
N:	100			
FV	SC	GL	CM	P-VALOR
MODELO	620.93	7	88.70	0.0031
TRATAMIENTO	62.34	4	15.58	0.6705
REPETICIÓN	558.59	3	186.20	0.0003
ERROR	2429.26	92	26.41	
TOTAL	3050.19	99		

En función de los resultados, se concluye que no existe diferencia estadísticamente significativa entre el número de hojas por tallo entre parcelas experimentales (p 0.6705).

7.2.5. DISTANCIA ENTRE HOJAS

A continuación se presenta un análisis de varianza de la distancia entre hojas, tomando como base la distancia de la hoja media (tomada a la mitad de la longitud de un tallo o guía), en función de los tratamientos herbicidas planteados.

Cuadro 6: Análisis de varianza, distancia entre hojas.

ANÁLISIS DE VARIANZA				
VARIABLE	DISTANCIA ENTRE HOJAS			
CV:	20.68			
N:	100			
FV	SC	GL	CM	P-VALOR
MODELO	117.06	7	16.72	0.0173
TRATAMIENTO	43.06	4	10.77	0.1637
REPETICIÓN	74.00	3	24.67	0.0124
ERROR	593.10	92	6.45	
TOTAL	710.16	99		

En función de los resultados, se concluye que no existe diferencia estadísticamente significativa en la distancia entre hojas entre parcelas experimentales (p 0.0173).

7.2.6. NÚMERO DE TALLOS POR PLANTA

A continuación se presenta un análisis de varianza del número de tallos por planta, en función de los tratamientos herbicidas planteados.

Cuadro 7: Análisis de varianza, número de tallos por planta.

ANÁLISIS DE VARIANZA				
VARIABLE	NÚMERO DE TALLOS POR PLANTA			
CV:	34.43			
N:	100			
FV	SC	GL	CM	P-VALOR
MODELO	28.04	7	4.01	0.0216
TRATAMIENTO	7.96	4	1.99	0.2998
REPETICIÓN	20.08	3	6.69	0.0081
ERROR	147.72	92	1.61	
TOTAL	175.76	99		

En función de los resultados, se concluye que no existe diferencia estadísticamente significativa en el número de tallos por planta entre parcelas experimentales (p 0.2998). Integrando el análisis para cada variable, categóricamente puede inferirse que no existió diferencia en la morfometría de la planta por tratamiento, más allá de que pudo existir entre bloques en función de los factores que el diseño aísla tales como la

exposición al sol que pudo ser diferente para algunas parcelas o bloques y otros factores de manejo, pendiente u otro no considerado.

A su vez, permite notar que la talla de las plantas no cumple con el perfil de prescripción de los herbicidas analizados, contándose con plantas relativamente maduras, a continuación se presenta con más detalle la morfometría de las plantas analizada “en general” en función de los resultados descritos anteriormente.

7.2.7. MORFOMETRÍA DE LA PLANTA

A continuación se presenta un resumen de la morfometría de la planta, integrando todas las variables analizadas anteriormente, el objeto de presentar ésta información es, además de lo planteado anteriormente y dar respuesta a preguntas de investigación, entender la talla de las plantas al momento de la aplicación de los tratamientos herbicidas y posteriormente, al detallarse su efecto, entender el concepto de sensibilidad de éstas plantas a cada sustancia empleada para su control.

Cuadro 8: Resumen de morfometría de planta.

VARIABLE	N	MEDIA	D.E.	CV	MIN	MAX	P(05)	P(95)
ANCHO CM	100	7.20	1.77	24.62	4.0	11.5	4.5	10.3
LARGO CM	100	6.41	1.20	18.80	4.0	9.0	4.5	8.7
LARGO TALLO	100	179.20	63.18	35.26	64.0	362.0	80.0	293.0
HOJAS POR TALLO	100	15.41	5.55	36.02	7.0	32.0	9.0	27.0
DISTANCIA ENTRE HOJAS	100	12.28	2.68	21.81	7.0	22.0	8.0	16.0
NUMERO DE TALLOS POR PLANTA	100	3.68	1.33	36.21	1.0	7.0	2.0	6.0

Puede inferirse que las hojas tenían una superficie relativamente alta. En promedio los tallos tenían una longitud de 1.79 metros, como puede apreciarse como mínimo tenían 0.64 metros y un máximo de 3.62, en todo caso eran plantas maduras, también puede deducirse ésta condición del número de tallos que cada planta tenía, 3.68 en promedio con un mínimo de 7 hojas.

En la siguiente página se presenta el estado inicial de las unidades experimentales (antes de aplicar los tratamientos) con el afán de trasladar visualmente lo descrito categóricamente y presentado bajo el análisis estadístico descriptivo y completar así el escenario experimental.

A pesar de la homogeneidad de la planta en cuanto a su propagación y manejo, las características cuantificadas de crecimiento mostraron valores relativamente altos en el coeficiente de variación, probablemente se deban a la variabilidad del número de tallos por planta que introduce una variable adicional a la morfometría, al diluir el material vegetal y aunque las plantas en general tengan la misma masa o cuerpo, lo pueden distribuir de forma diferente de una planta a otra por la característica reptante y de producción de múltiples tallos de la planta.



Figura 11: Estado general de parcelas previo a ser tratadas con 2,4 – D.



Figura 12: Estado inicial de parcelas previo a ser tratadas con Paraquat.



Figura 13: Estado inicial de parcelas previo a ser tratadas con Glifosato.



Figura 14: Estado inicial de parcelas previo a ser tratadas con Glifosato.



Figura 15: Estado inicial de las parcelas testigo.

7.3. SENSIBILIDAD A HERBICIDAS DE *Ipomoea silvicola*

7.3.1 DESCRIPCIÓN DE SINTOMATOLOGÍA

- a. 2,4 – D Amina: se observa un daño foliar tendiente al 100% a dos días luego de la aplicación del herbicida, se presenta una curvatura marcada en los peciolo de las hojas, producto del crecimiento irregular de capas de tejido expuestas al herbicida. En la parcela neta se seleccionó una planta y sus 14 hojas presentan el síntoma de curvamiento de peciolo (hiperplasia), se observó necrosis foliar. Las plantas presentaban una postura no natural de las hojas, exponiendo su cara adaxial en función de la hiperplasia peduncular. La necrosis observada tiene dos patrones centrípeta y en la unión entre la hoja y el peciolo. A continuación se presentan fotografías.



Figura 16: Curvatura del peciolo observada en *Ipomoea silvicola* tratada con 2,4-D.



Figura 17: daño centrípeto observado en plantas tratadas con 2,4 - D.

- b. Paraquat: prácticamente el 100% del área foliar está necrosada, a dos días luego de la aplicación del herbicida. Existe daño agudo y en éste momento los tallos presentan savia en su interior, dos días después no presentaron savia, inclusive el tejido de los tallos fue necrosado. Se seleccionó un tallo aleatoriamente entre la parcela neta y presentó sus 11 hojas dañadas, el daño se presenta irregular en los tallos de forma aguda y se generaliza en 4 días. Puede apreciarse la no traslocación del efecto herbicida o herbicida como tal al dejar hojas prácticamente sin daño en áreas fuera de la parcela neta. Se presenta una fotografía para ilustrar lo observado



Figura 18: Daño agudo ocasionado por Paraquat a *I. silvícola*.

- c. Glifosato: se observaron puntos de crecimiento turgentes, no se aprecia daño agudo (necrosis o clorosis generalizada) ni daño foliar severo. Se observa una ligera necrosis en hojas viejas, entiéndase del tercer par de hojas partiendo del ápice. Se observa tejido joven y tierno sin daño, no se apreció sensibilidad al herbicida 2 días después de la aspersion, las plantas mejoran su aspecto organolépticamente 4 días luego de la aspersion. Se presenta una fotografía que ilustra lo descrito.



Figura 19: Ligera clorosis observada a 4 días de la aplicación de Glifosato.

- d. Glufosinato de amonio: se observó clorosis a dos días de aspersión, aparentemente existe un colapso del tejido foliar a manera de daño irregular en la superficie de la hoja, a 4 días de la aplicación los síntomas se agudizan y extienden y se observa daño generalizado y agudo a 7 días luego de la aplicación de tratamientos. Se observa avance centrípeto en las hojas, el daño incrementa en función del tiempo, hasta el día 12 en el que prácticamente daña el 100% del tejido de las plantas. Se presenta una fotografía que ilustra lo descrito.



Figura 20: Escala de daño observado para área foliar ocasionado por Glufosinato de Amonio, a 4 días de aplicación.

7.3.2. REGISTRO FOTOGRÁFICO DEL EFECTO DE LOS HERBICIDAS

A continuación se presentan series de fotografías que ejemplifican el efecto de los herbicidas, en dos momentos: a los 2 y 20 días después de haber realizado la aplicación de los herbicidas.



Figura 21: *I. silvicola* tratada con 2,4 – D a dos días de exposición.



Figura 22: *I. silvicola* tratada con Paraquat a dos días de exposición.



Figura 23: *I. silvicola* tratada con Glifosato a dos días de exposición.



Figura 24: *I. silvicola* tratada con Glufosinato de Amonio a dos días de exposición.



Figura 25: *I. silvicola* tratada con 2,4 – D a 20 días de exposición.



Figura 26: *I. silvicola* tratada con Paraquat a 20 días de exposición.



Figura 27: *I. silvicola* tratada con Glifosato a 20 días de exposición.



Figura 28: *I. silvícola* tratada con Glufosinato de Amonio a 20 días de exposición.

7.3.3. MORTALIDAD DE PLANTAS

A continuación se presenta un análisis de varianza y su correspondiente prueba múltiple de medias sobre la mortalidad de plantas ocasionada, podrá notarse que el nivel de mortalidad es un indicador de sensibilidad a los herbicidas empleados en el control de la maleza en virtud de que la muerte de plantas maduras no prescribe según las recomendaciones del fabricante, aún así se ocasionó.

Cuadro 9: Análisis de varianza y prueba múltiple de medias de Tuckey, mortalidad de plantas.

ANÁLISIS DE VARIANZA				
VARIABLE	MORTALIDAD DE PLANTAS			
CV:	36.51			
N:	20			
FV	SC	GL	CM	P-VALOR
MODELO	23342.04	7	3334.58	0.0006
TRATAMIENTO	22189.20	4	5547.30	0.0001**
REPETICIÓN	1152.84	3	384.28	0.4147
ERROR	4483.88	12	373.66	
TOTAL	27825.92	19		

** Alta diferencia estadística.

PRUEBA MÚLTIPLE DE MEDIAS DE TUKEY

ALFA: 0.05, DMS: 43.56746

ERROR: 373.6566 GL: 12

TRATAMIENTO	MEDIA	E.E.	
1-2,4-D	101	9.67	A
2-PARQ	71.14	9.67	AB
4-GLUFO	53.08	9.67	B
3-GLIF	38.5	9.67	BC
5-TEST	1	9.67	C

Es necesario acotar que para la correcta realización del análisis, a todos los valores de mortalidad, se les agregó un valor de 1 como técnica de escalado para evitar los valores 0 (cero), principalmente en el tratamiento testigo, en el que ninguna planta murió por factores de manejo u otro.

Puede inferirse del análisis de varianza ($p < 0.0001$) de forma consistente con la prueba múltiple de medias que existió un efecto diferente de mortalidad ocasionado por los diversos herbicidas, siendo el tratamiento 1 – 2,4-D junto al 2 – Paraquat los que mayor porcentaje de mortalidad ocasionaron.

Puede inferirse que el mejor tratamiento en términos absolutos es el 1-2,4-D a pesar de la formación de grupos y éste se diferencia de los tratamientos 3 y 4 (Glufosinato de amonio y Glifosato, respectivamente).

A pesar de lo anterior, *Ipomoea silvícola* mostró sensibilidad a todos los herbicidas, pudiendo ser factores de manejo y/o la interacción con el cultivo lo que favorezca su supervivencia y daño a los mismos pues los cultivos son la principal limitante en la dispersión de las moléculas herbicidas por intuibiles razones.

7.4. COMPARACIÓN DEL COSTO DE LOS HERBICIDAS

En función de que el costo de aplicación es similar, se considera presentar una comparación simple del costo de los herbicidas para contextualizar económicamente las moléculas utilizadas y su factibilidad para ser incorporadas en un plan de manejo integrado de malezas.

Cuadro 10: Comparación de costo de herbicidas.

Producto	Costo/L	Cantidad	Costo/Ha	Costo de aplicación	Total	%
2, 4-D Amina	Q 47.00	2.1	Q 98.70	Q 157.44	Q 256.14	100.00
Paraquat	Q 44.00	2.25	Q 99.00	Q 157.44	Q 256.44	100.12
Glifosato	Q 45.00	3.5	Q 157.50	Q 157.44	Q 314.94	122.95
Glufosinato de amonio	Q 130.00	2	Q 260.00	Q 157.44	Q 417.44	162.97

Puede notarse que todos los productos son accesibles y que los dos más efectivos, son los más baratos, prácticamente tienen el mismo costo por hectárea.

7.5. PROPUESTA DE USO DE HERBICIDAS PARA CONTROL DE *Ipomoea* spp. EN EL CULTIVO DE CAFÉ

Deben realizarse antes de la propuesta algunas consideraciones:

1. El control de malezas, al igual que para cualquier plaga no debe depender del control unilateral con agroquímicos.
2. El uso continuado de herbicidas puede terminar en el apareamiento de resistencia por parte de la maleza.
3. Los herbicidas pueden dañar los cultivos en los que se emplee, el Café no es excepción.
4. Aunque el 2,4-D es uno de los herbicidas que mejor controló la maleza, debemos recordar las recomendaciones para mantener la inocuidad del grano de café. No se recomienda utilizarlo en plantación en etapa productiva.

Propuesta:

1. Mientras se esté en la etapa de preparación del terreno se recomienda hacer uso de 2,4 – D para el control de *Ipomoea* spp. Para bajar el nivel de infestación y porque las plantas jóvenes son más susceptibles al daño que ésta maleza ocasiona, haciéndoles perder la arquitectura de planta que resulta deseable para la producción.
2. En áreas densamente infestadas, se recomienda el uso en rotación de 2,4 – D, Paraquat y Glufosinato de amonio aunque las plantas de *Ipomoea* spp. Se

encuentren maduras, cualquiera de los tres herbicidas será efectivo e inclusive ocasionará la muerte de la mayoría de las plantas.

3. Dentro del ciclo productivo del café el 2,4 – D puede utilizarse antes del establecimiento y en etapas vegetativas del cultivo, el Paraquat y Glufosinato de Amonio pueden utilizarse en todo el ciclo del cultivo.
4. Es compatible la regulación de sombra para reducir la agresividad del crecimiento de la maleza.
5. De igual manera, la limpia previo a la fertilización es deseable puesto que éstos eventos de aporte de nutrientes resultan en mayores infestaciones de la maleza.
6. El control manual debe anteceder el control químico para reducir las áreas a tratar con herbicida.
7. Se recomienda orientar el uso de herbicidas a “focos” de infestación de ésta maleza, no se encuentra en vastas áreas de forma continua, normalmente, a menos que el tiempo sin manejo de las parcelas sea excesivo.
8. No se recomienda el chapeo de la maleza si no se acompaña de un tratamiento apropiado al material vegetal que se propaga asexualmente, el material producto del chapeo debe ser colocado en alto, separado del suelo para que sea desecado por el sol o acumulado en puntos específicos donde se incorpore al suelo o se trate por otros medios físicos, en todo caso, debe depositarse en condiciones adversas a las plantas, lugares secos, sin suelo, expuestos al sol.
9. En pequeñas cantidades, el material vegetal puede colgarse de árboles de sombra donde naturalmente se desecarán.
10. No se recomienda el chapeo mecanizado a menos de que se tome en cuenta la consideración anterior.
11. Existen algunas referencias de control con rumiantes que no son compatibles con la aplicación de herbicidas, los animales pueden intoxicarse.

VIII. CONCLUSIONES

1. La maleza fue diagnosticada preliminarmente como *Ipomoea silvícola*.
2. Las plantas tratadas con herbicidas presentaron todos los síntomas que según los fabricantes, ocasionan a los vegetales. Aunque esto parece lógico, su análisis refleja el nivel de sensibilidad de *I. silvícola* a cada uno. *I. silvícola* presentó sensibilidad a todos los herbicidas evaluados.
3. Las plantas se encontraban homogéneas al momento de la aplicación de los herbicidas en una etapa fenológica vegetativa y corresponden a la descripción de plantas resistentes por Signh & Abugho (2011), con 8 hojas o más, aún así presentaron sensibilidad a 2,4 – D, Paraquat, Glifosato y Glufosinato de Amonio.
4. Se presenta una propuesta para el manejo de la maleza que incluye el uso de los herbicidas y su compatibilidad con otras técnicas de manejo en el inciso 7.5 del presente documento.
5. Se comparó de forma directa el costo de los herbicidas recomendados para el control de la maleza a nivel comercial, encontrando que los más baratos son 2,4-D y Paraquat, prácticamente a un costo por hectárea idéntico, Q256.14 y Q256.44 respectivamente; el Glufosinato de Amonio fue efectivo, sin embargo, tiene un costo por hectárea de Q417.44, que representa un 62.97% más.
6. *Ipomoea silvícola* presenta resistencia a Glifosato al presentar menor mortalidad que para 2,4-D, Paraquat y Glufosinato de Amonio (38.5% - p 0.0001, DMS 43.57%).

IX. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda el uso de 2,4 – D, Paraquat y Glufosinato de Amonio para el control de *Ipomoea* spp.
2. No se recomienda el uso de Glifosato para el control de *Ipomoea* spp.

X. BIBLIOGRAFÍA

- Departamento de Industrias Primarias y Pesca. (2008). *Pest plant risk assesment, Blue morning glory, Ipomoea indica*. Australia, Queensland: The State of Queensland, DPI&F.
- Abugho, S. &. (2011). Threelobe Morningglory (*Ipomoea triloba*) Germination and Response to Herbicides. *Weed Science*, 563-570.
- Austin, D. H. (Febrero de 1996). A synopsis of *Ipomoea* (Convolvulaceae) in the Americas. *Taxon*(45), 3.
- Barillas, T. (Enero de 2014). Identificación de malezas con potencial resistencia o tolerancia a herbicidas en el cultivo de Maíz (*Zea mays* L.); en el municipio de Santiago Nonualco, departamento de La Paz. 98. San Salvador, El Salvador: Universidad de El Salvador.
- Bayer CropScience. (S.F.). Basta 15 SL. Guatemala, Guatemala.
- Carranza. (2008). Diversidad del género *Ipomoea* L. (Convolvulaceae) en el estado de Michoacán, México. *Flora del Bajío y Regiones Adyacentes*. Michoacán, México.
- Castillo, J. (2014). *Identificación de especies de Meloidogyne spp. presentes en el municipio de Patzicía, Chimaltenango*. Guatemala: Tesis inédita, Universidad Rafael Landívar.
- Centro de Biociencia Agrícola Internacional. (03 de Marzo de 2015). <http://www.cabi.org>. Obtenido de <http://www.cabi.org/isc/datasheet/28799>
- César Martínez, J. E. (S.f.). *Evaluación de herbicidas pre emergentes para el control de malezas de hoja ancha en el cultivo de caña de azúcar (Saccharum spp.) Ingenio La Unión, S.A. en la costa sur de Guatemala*. Guatemala: Departamento de investigación agrícola Intenio La Unión, S.A. & CENGICAÑA.

- Cruz, D. (03 de 24 de 2015). *www.Anacafé.org*. Obtenido de http://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=Ipomoea_purpurea_Roth
- Daita, F., & Zorza, E. &. (2011). Control de *Ipomoea purpurea* (L.) Roth con diferentes dosis de sulfentrazone en Soja. *Mercosoja 2011*, (pág. 4). Rosario, Argentina.
- EDIFARM internacional Centroamérica. (2010). VADEAGRO. *5ta.*, 860. Guatemala, Guatemala, Guatemala: EDIFARM internacional Centroamérica.
- Eduardo Rapoport, J. G. (2007). Acerca del origen de las malezas. (A. M. Mario Zunino, Ed.) *Monografías 3er milenio*, 7(16), 6.
- Espinoza, G., & Morales, J. (2009). Catálogo de herbicidas. 33. Escuintla, Guatemala: Centro guatemalteco de investigación y capacitación de la caña de azúcar.
- Groth, D. (2001). Caracterização morfológica de sementes de espécies invasoras da família Convolvulaceae Juss. *Revista Brasileira de Sementes*, 23(2), 13.
- Guzmán, O. (2012). *Evaluación de tres tipos de conducción de plantas de Tomate, injertadas y sin injertar bajo invernadero, Centro de Prácticas de campo San Ignacio, Campus Central*. Guatemala: Universidad Rafael Landívar.
- Huamán, Z. (1999). *Sweetpotato germoplasm management (Ipomoea batatas) training manual*. Ecuador, Quito: International Potato Center.
- López, E. (2009). *Diseño y análisis de experimentos*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía.
- Marusa, É. I.-I. (19 de Abril de 2011). Changes in energy metabolism and antioxidant defense systems during seed germination of the weed species *Ipomoea triloba* L. and responses to allelochemicals. *Journal of Chemical Ecology*(37), 14.
- Pesticides Action Network . (26 de Marzo de 2015). <http://www.pesticideinfo.org/>. Obtenido de http://www.pesticideinfo.org/Summary_Chemical.jsp?Rec_Id=PC35896

Randall, R. (2012). *A global compendium of weeds* (Segunda edición ed.). (W. A. Department of Agriculture and Food, Ed.) Western Australia.

Standley, P. &. (1958). Flora of Guatemala. *Fieldiana Botany*, 11, 13 volúmenes.

U.S. E.P.A. (26 de Marzo de 2015). <http://iaspub.epa.gov/>. Obtenido de http://iaspub.epa.gov/apex/pesticides/f?p=CHEMICALSEARCH:3:0::NO:21,3,31,7,12,25:P3_XCHEMICAL_ID:398

ANEXO

Cronograma de actividades. Nótese, no se indican fechas, en función de aprobación por Comisión de Trabajos de Graduación.

Actividad	Semana												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Preparación del terreno.													
Preparación de pilones.													
Siembra.													
Aplicación de herbicidas.													
Levantado de datos													
Análisis y redacción de informe.													