

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
ESCUELA DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS
MENCIÓN EN AGRICULTURA SOSTENIBLE**



**ACTIVIDAD ALELOPÁTICA DE *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H.
Gentry y *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg., EN MALEZAS DEL
CULTIVO DE CAFÉ.**

Tesis

Para optar el grado académico de

**MAESTRO EN CIENCIAS AGRÍCOLAS
MENCIÓN AGRICULTURA SOSTENIBLE**

MARVIN BARRERA LOZANO

Tingo María – Perú

2021



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
ESCUELA DE POSGRADO
DIRECCIÓN



"Año del bicentenario del Perú: 200 años de independencia"

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS
Nro. 017-2021-EPG-UNAS

En la ciudad universitaria, siendo las 9:00 a.m., del día martes 31 de agosto de 2021, reunidos virtualmente vía Microsoft Teams, se instaló el Jurado Calificador a fin de proceder a la sustentación de la tesis titulada:

"ACTIVIDAD ALELOPATICA DE *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry y *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg, EN MALEZAS DEL CULTIVO DE CAFE"

A cargo del candidato al Grado de Maestro en Ciencias Agrícolas, Mención: Agricultura Sostenible, el Sr. **MARVIN BARRERA LOZANO**.

Luego de la exposición y absueltas las preguntas de rigor, el Jurado Calificador procedió a emitir su fallo declarando **APROBADO** con el calificativo de **MUY BUENO**.

Acto seguido, a horas 11:20 am. el presidente dio por culminada la sustentación; procediéndose a la suscripción de la presente acta por parte de los miembros del jurado, quienes dejan constancia de su firma en señal de conformidad.

M. Sc. **FAUSTO SILVA CARDENAS**
Presidente del Jurado

M. Sc. **JORGE LUIS ADRIAZOLA DEL AGUILA**
Miembro del Jurado



M. Sc. **FERNANDO S. GONZALES HUIMAN**
Miembro del Jurado

M. Sc. **JOSE LUIS GIL BACILIO**
Asesor



VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN
OFICINA DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

**REGISTRO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL GRADO ACADÉMICO
DE MAESTRO**

I. DATOS GENERALES DE POSGRADO

Universidad	: Universidad Nacional Agraria de la Selva
Facultad	: Facultad de Agronomía
Título de Tesis	: Actividad alelopática de <i>Mansoa alliacea</i> (Lam.) A.H. Gentry y <i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg., en malezas del cultivo de café.
Autor	: Marvin Barrera Lozano
Asesor de Tesis	: Blgo. M.Sc. José Luis Gil Bacilio
Maestría y Mención	: Ciencias Agrícolas / Mención Agricultura Sostenible
Programa de Investigación	: Cultivos Tropicales / Fitosanidad
Línea (s) de Investigación	: Diagnóstico y control de enfermedades, plagas y malezas.
Eje temático de investigación	: Utilizar bioinsumos a partir de principios activos de plantas para el control de arvenses agrícolas.
Lugar de Ejecución	: Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto, Provincia y región de San Martín
Duración	: Diciembre de 2020 – hasta Junio de 2021
Financiamiento	: S/ 3909.68 FEDU : NO Propio : SI Otros : NO

DEDICATORIA

A Dios Todopoderoso por guiarme espiritualmente en cada etapa de mi vida.

A mis padres, ROGER BARRERA TORRES (Q.E.P.D.) y MARÍA LUCÍA LOZANO GALA, por ser mis ejemplos de vida.

A mis hermanos, HERMÓGENES, GUSTAVO y ZOILA VICTORIA, por su valioso apoyo.

A mi hija JOSIANE JAZMINE BARRERA LOZANO. que me motivó para continuar capacitándome.

AGRADECIMIENTO

Mi eterno agradecimiento a las instituciones y personas que han contribuido para la ejecución del presente trabajo de investigación:

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, a la Escuela de Posgrado y a toda la plana de docentes que me dieron la oportunidad de capacitarme para la consecución del grado académico de maestro.

Al Blgo. M.Sc. José Luis Gil Bacilio, por asesorarme durante el desarrollo del proyecto de investigación y en la redacción del presente documento.

A los miembros del Jurado de Tesis, Ing. M.Sc. Fausto Silva Cárdenas, Ing. M.Sc. Jorge Adriazola Del Águila y al Ing. M.Sc. Fernando Gonzales Huiman, por sus valiosas observaciones y sugerencias que contribuyeron en mejorar la calidad del presente documento.

A la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, por facilitarme el uso de las instalaciones y equipos del Laboratorio de Botánica y Dendrología, para el desarrollo de la fase experimental del presente trabajo de investigación.

En general, agradezco a todas las personas que han contribuido en la ejecución y culminación del presente trabajo de investigación.

ÍNDICE GENERAL

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Antecedentes	3
2.2. Actividad alelopática	5
2.3. Herbicidas y aleloquímicos.....	7
2.4. Núcleos fitoquímicos que presentan actividad alelopática.....	9
2.5. Mecanismos de acción de los agentes alelopáticos.....	10
2.6. Germinación.....	11
2.7. Bioensayo de actividad alelopática.....	14
2.8. Descripción de las plantas en estudio	18
III. MATERIALES Y MÉTODOS	24
3.1. Ubicación y duración del experimento	24
3.2. Materiales y equipos.....	24
3.3. Metodología.....	25
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
4.1. Malezas aceptoras utilizadas en los bioensayos.....	34
4.2. Verificación de la viabilidad de las semillas	34
4.3. Bioensayo preliminar de la actividad alelopática en semillas de <i>Lactuca sativa</i> L.	35
4.4. Indicadores de actividad alelopática de extracto acuoso foliar de <i>Mansoa alliacea</i> (Lam.) A.H. Gentry.....	37
4.5. Indicadores de actividad alelopática de extracto acuoso foliar de <i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg.	53
V. CONCLUSIONES.....	74
VI. RECOMENDACIONES.....	75
VII. RESUMEN	76
ABSTRACT	78
VIII. BIBLIOGRAFÍA	80
IX. ANEXOS	88

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Plantas receptoras a agentes alelopáticos.....	15
2. Presencia de los metabolitos (%) en los diferentes órganos de la planta (<i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg.).....	22
3. Concentración de extracto acuoso de <i>Mansoa alliacea</i> (Lam.) A.H. Gentry y <i>Zanthoxylum fagara</i> (L.).....	25
4. Esquema de análisis de varianza (ANVA).....	27
5. Niveles de fitotoxicidad de acuerdo al Índice de Germinación (IG)....	32
6. Malezas aceptoras de extracto acuoso de <i>Mansoa alliacea</i> (Lam.) A.H. Gentry y <i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg.....	34
7. Porcentaje y días a la germinación de las semillas de <i>Lactuca sativa</i> L. y <i>Bidens pilosa</i> L., <i>Elephantopus mollis</i> H.B.K., <i>Ruellia sp.</i> y <i>Crassocephalum sp.</i>	35
8: Indicadores de actividad alelopática, según concentración de extracto acuoso foliar de <i>Mansoa alliacea</i> (Lam.) A.H. Gentry y <i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg. en semillas de <i>Lactuca sativa</i> L.	36
9. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para la Germinación Relativa (GRS), según la concentración de extracto acuoso foliar de <i>Mansoa alliacea</i> (Lam.) A.H. Gentry en semillas de malezas aceptoras (sin sustrato).	38
10. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el Porcentaje de Crecimiento Relativo de Radícula (CRR), según concentración de extracto acuoso foliar de <i>Mansoa alliacea</i> (Lam.) A.H. Gentry en semillas de malezas aceptoras (sin sustrato).	39

11. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el Porcentaje de Índice de Germinación (IG), según concentración de extracto acuoso foliar de <i>Mansoa alliacea</i> (Lam.) A.H. Gentry en semillas de malezas aceptoras (sin sustrato).	41
12. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el Porcentaje de Germinación Relativa (GRS), según concentración de extracto acuoso foliar de <i>Mansoa alliacea</i> (Lam.) A.H. Gentry en semillas de malezas aceptoras, utilizando sustrato.	45
13. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el Porcentaje de Crecimiento Relativo de Radícula (CRR), según concentración de extracto acuoso foliar de <i>Mansoa alliacea</i> (Lam.) A.H. Gentry en semillas de malezas aceptoras utilizando sustrato.	47
14. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el Porcentaje de Índice de Germinación (IG), según concentración de extracto acuoso foliar de <i>Mansoa alliacea</i> (Lam.) A.H. Gentry en semillas de malezas aceptoras utilizando sustrato.	48
15. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el Porcentaje de Germinación Relativa (GRS), según concentración de extracto acuoso foliar de <i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg. en semillas de malezas aceptoras (sin sustrato).	54
16. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el Porcentaje de Crecimiento Relativo de Radícula (CRR), según concentración de extracto acuoso foliar de <i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg. en semillas de malezas aceptoras (sin sustrato).	55

17. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el Porcentaje de Índice de Germinación (IG), según concentración de extracto acuoso foliar de <i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg. en semillas de malezas aceptoras (sin sustrato).	57
18. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el Porcentaje de Germinación Relativa (GRS), según concentración de extracto acuoso foliar de <i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg. en semillas de malezas aceptoras (utilizando sustrato).	61
19. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el Porcentaje de Crecimiento Relativo de Radícula (CRR), según concentración de extracto acuoso foliar de <i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg. en semillas de malezas aceptoras (utilizando sustrato).....	63
20. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el Porcentaje de Índice de Germinación (IG), según concentración de extracto acuoso foliar de <i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg. en semillas de malezas aceptoras (utilizando sustrato).	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Vías de liberación de aleloquímicos al ambiente, por parte de una planta.	7
2. Fases de la germinación de las dicotiledóneas.....	12
3. <i>Mansoa alliacea</i> (Lam.) A.H. Gentry (“Ajo Sacha”)	18
4. <i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg. (“Shapilloja”)	21
5. Germinación Relativa de la Semilla (GRS), según la concentración de extracto acuoso foliar de <i>Mansoa alliacea</i> (Lam.) A.H. Gentry en semillas de malezasceptoras (sin sustrato).	38
6. Crecimiento Relativo de Radícula (CRR), según concentración de extracto acuoso foliar de <i>Mansoa alliacea</i> (Lam.) A.H. Gentry en semillas de malezasceptoras (sin sustrato).	40
7. Índice de Germinación(IG), según concentración de extracto acuoso foliar de <i>Mansoa alliacea</i> (Lam.) A.H. Gentry en semillas de malezasceptoras (sin sustrato).	41
8. Tendencia para el Índice de Germinación(IG), según concentración de extracto acuoso foliar de <i>Mansoa alliacea</i> (Lam.) A.H. Gentry en semillas de malezasceptoras (sin sustrato).	42
9. Efecto de la actividad alelopática de extracto acuoso foliar de <i>Mansoa alliacea</i> (Lam.) A.H. Gentry sobre plántulas de <i>Bidens pilosa</i> L., a los 14 días después de la siembra (sin sustrato).	43

10. Efecto de la actividad alelopática de extracto acuoso foliar de <i>Mansoa alliacea</i> (Lam.) A.H. Gentry sobre plántulas de <i>Elephantopus mollis</i> H.B.K., a los 15 días después de la siembra (sin sustrato).	44
11. Efecto de la actividad alelopática de extracto acuoso foliar de <i>Mansoa alliacea</i> (Lam.) A.H. Gentry sobre plántulas de <i>Ruellia</i> sp., a los 7 días después de la siembra (sin sustrato).....	44
12. Efecto de la actividad alelopática de extracto acuoso foliar de <i>Mansoa alliacea</i> (Lam.) A.H. Gentry sobre plántulas de <i>Crassocephalum</i> sp., a los 7 días después de la siembra (sin sustrato).	45
13. Germinación Relativa de la Semilla (GRS), según concentración de extracto acuoso foliar de <i>Mansoa alliacea</i> (Lam.) A.H. Gentry en semillas de malezas aceptoras utilizando sustrato.	46
14. Crecimiento Relativo de Radícula (CRR), según concentración de extracto acuoso foliar de <i>Mansoa alliacea</i> (Lam.) A.H. Gentry en semillas de malezas aceptoras utilizando sustrato.	47
15. Índice de Germinación(IG), según concentración de extracto acuoso foliar de <i>Mansoa alliacea</i> (Lam.) A.H. Gentry en semillas de malezas aceptoras utilizando sustrato.	49
16. Tendencia para el Índice de Germinación(IG), según concentración de extracto acuoso foliar de <i>Mansoa alliacea</i> (Lam.) A.H. Gentry en semillas de malezas aceptoras utilizando sustrato.	50
17. Efecto de la actividad alelopática de extracto acuoso foliar de <i>Mansoa alliacea</i> (Lam.) A.H. Gentry sobre plántulas de <i>Bidens pilosa</i> L., a los 14 días después de la siembra (con sustrato).	51

18. Efecto de la actividad alelopática de extracto acuoso foliar de <i>Mansoa alliacea</i> (Lam.) A.H. Gentry sobre plántulas de <i>Elephantopus mollis</i> H.B.K., a los 15 días después de la siembra (con sustrato).....	51
19. Efecto de la actividad alelopática de extracto acuoso foliar de <i>Mansoa alliacea</i> (Lam.) A.H. Gentry sobre plántulas de <i>Ruellia</i> sp., a los 7 días después de la siembra (con sustrato).	52
20. Efecto de la actividad alelopática de extracto acuoso foliar de <i>Mansoa alliacea</i> (Lam.) A.H. Gentry sobre plántulas de <i>Crassocephalum</i> sp., a los 7 días después de la siembra (con sustrato).....	52
21. Germinación Relativa de la Semilla (GRS), según concentración de extracto acuoso foliar de <i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg. en semillas de malezas aceptoras (sin sustrato).	54
22. Crecimiento Relativo de Radícula (CRR), según concentración de extracto acuoso foliar de <i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg. en semillas de malezas aceptoras (sin sustrato).	56
23. Índice de Germinación(IG), según concentración de extracto acuoso foliar de <i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg. en semillas de malezas aceptoras (sin sustrato).	57
24. Tendencia para el Índice de Germinación(IG), según concentración de extracto acuoso foliar de <i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg. en semillas de malezas aceptoras (sin sustrato).	58
25. Efecto de la actividad alelopática de extracto acuoso foliar de <i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg. sobre plántulas de <i>Bidens pilosa</i> L., a los 14 días después de la siembra (sin sustrato).	59

26. Efecto de la actividad alelopática de extracto acuoso foliar de <i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg. sobre plántulas de <i>Elephantopus mollis</i> H.B.K., a los 15 días después de la siembra (sin sustrato).	60
27. Efecto de la actividad alelopática de extracto acuoso foliar de <i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg. sobre plántulas de <i>Ruellia</i> sp., a los 7 días después de la siembra (sin sustrato).....	60
28. Efecto de la actividad alelopática de extracto acuoso foliar de <i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg. sobre plántulas de <i>Crassocephalum</i> sp., a los 7 días después de la siembra (sin sustrato).....	61
29. Germinación Relativa de la Semilla (GRS), según concentración de extracto acuoso foliar de <i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg. en semillas de malezas aceptoras utilizando sustrato.	62
30. Crecimiento Relativo de Radícula (CRR), según concentración de extracto acuoso foliar de <i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg. en semillas de malezas aceptoras utilizando sustrato.	63
31. Índice de Germinación(IG), según concentración de extracto acuoso foliar de <i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg. en semillas de malezas aceptoras utilizando sustrato.	65
32. Tendencia para el Índice de Germinación(IG), según concentración de extracto acuoso foliar de <i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg. en semillas de malezas aceptoras utilizando sustrato.	66
33. Efecto de la actividad alelopática de extracto acuoso foliar de <i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg. sobre plántulas de <i>Bidens pilosa</i> L., a los 14 días después de la siembra (con sustrato).....	67

34. Efecto de la actividad alelopática de extracto acuoso foliar de <i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg. sobre plántulas de <i>Elephantopus mollis</i> H.B.K., a los 15 días después de la siembra (con sustrato). ...	67
35. Efecto de la actividad alelopática de extracto acuoso foliar de <i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg. sobre plántulas de <i>Ruellia</i> sp., a los 7 días después de la siembra (con sustrato).	68
36. Efecto de la actividad alelopática de extracto acuoso foliar de <i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg. sobre plántulas de <i>Crassocephalum</i> sp., a los 7 días después de la siembra (con sustrato).	68
37. Distribución de los tratamientos en los bioensayos.	89
38. <i>Bidens pilosa</i> L. Familia Asteraceae	90
39. <i>Elephantopus mollis</i> H.B.K. Familia Asteraceae	90
40. <i>Ruellia</i> sp. Familia Acanthaceae	91
41. <i>Crassocephalum</i> sp. Familia Asteraceae	91
42. Recolección de semillas de malezas aceptoras en campos de cultivo de café (<i>Coffea arabica</i> L.)	92
43. Herborización de las malezas aceptoras	93
44. Obtención de extractos acuosos foliares	94
45. Concentraciones de extractos acuosos foliares	95
46. Selección de semillas de malezas.	96
47. Ensayos preliminares de fitotoxicidad de extractos acuosos foliares de <i>Mansoa alliacea</i> (Lam.) A.H. Gentry y <i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg. sobre semillas de <i>Lactuca sativa</i> L.	97

48. Distribución del bioensayo de actividad alelopática de extractos acuosos foliar de <i>Mansoa alliacea</i> (Lam.) A.H. Gentry y <i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg. (sin sustrato).	98
49. Distribución del bioensayo de actividad alelopática extractos acuosos foliar de <i>Mansoa alliacea</i> (Lam.) A.H. Gentry y <i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg. con sustrato y software de medición de longitud radicular.....	99
50. Visita de soporte y orientación del Blgo. M.Sc. José Luis Gil Bacilio asesor del proyecto de investigación, en el laboratorio de Botánica y Dendrología de la Universidad Nacional de San Martín –Tarapoto...	100
51. Bioensayo de actividad alelopática del extracto acuoso de <i>Mansoa alliacea</i> (Lam.) A.H. Gentry sobre <i>Bidens pilosa</i> L. (sin sustrato), a los 14 días después de la siembra.....	101
52. Bioensayo de actividad alelopática del extracto acuoso de <i>Mansoa alliacea</i> (Lam.) A.H. Gentry sobre <i>Ruellia</i> sp. (sin sustrato), a los 7 días después de la siembra.	102
53. Bioensayo de actividad alelopática del extracto acuoso de <i>Mansoa alliacea</i> (Lam.) A.H. Gentry sobre – <i>Crassocephalum</i> sp. (sin sustrato), a los 7 días después de la siembra.....	103
54. Bioensayo de actividad alelopática del extracto acuoso de <i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg. sobre – <i>Bidens pilosa</i> L. (sin sustrato), a los 14 días después de la siembra.....	104

55. Bioensayo con extracto acuoso de <i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg. – <i>Elephantopus mollis</i> H.B.K. (sin sustrato), a los 15 días después de la siembra.....	105
56. Bioensayo con extracto acuoso de <i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg. – <i>Ruellia</i> sp. (sin sustrato), a los 7 días después de la siembra.....	106
57. Bioensayo con extracto acuoso de <i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg. – <i>Crassocephalum</i> sp. (sin sustrato), a los 7 días después de la siembra.....	107
58. Bioensayo con extracto acuoso de <i>Mansoa alliacea</i> (Lam.) A.H. Gentry – <i>Bidens pilosa</i> L. (con sustrato), a los 14 días después de la siembra.....	108
59. Bioensayo con extracto acuoso de <i>Mansoa alliacea</i> (Lam.) A.H. Gentry – <i>Ruellia</i> sp. (con sustrato), a los 7 días después de la siembra.....	109
60. Bioensayo con extracto acuoso de <i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg. – <i>Bidens pilosa</i> L. (con sustrato), a los 14 días después de la siembra, a los 14 días después de la siembra.....	110
61. Bioensayo con extracto acuoso de <i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg. – <i>Ruellia</i> sp. (con sustrato), a los 7 días después de la siembra.....	111
62. Bioensayo con extracto acuoso de <i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg. – <i>Crassocephalum</i> sp. (con sustrato), a los 7 días después de la siembra.....	112

I. INTRODUCCIÓN

En la región San Martín existe una alta incidencia de malezas, favorecido en parte por factores climáticos, teniendo mayor incidencia en épocas de lluvia, compitiendo con los cultivos, interfiriendo en los sistemas de producción. El control de malezas en campos de cultivo de café en la región San Martín, es escasa o nula, realizando deshierbos manuales y en algunas ocasiones utilizando herbicidas esto último genera biotipos de malezas más persistentes, las cuales son altamente resistentes a herbicidas. Un manejo inadecuado de estas plantas puede provocar la pérdida de la calidad de los cultivos y la disminución de la productividad. Si la producción del café es de tipo orgánico, el uso de herbicidas está prohibido; además de los problemas ambientales y de salud pública que generan el uso inadecuado de plaguicidas y los altos costos de producción; las estrategias actuales de producir productos orgánicos, tienden a la disminución de la contaminación ambiental y al consumo de alimentos inocuos manteniendo un balance ecológico en la flora y la fauna, con la reducción en el uso de herbicidas, sustituyendo estos por compuestos naturales con efectos inhibitorios sobre el desarrollo de malezas.

Varios estudios han indagado el potencial alelopático de especies vegetales de muchas familias botánicas, varios de ellos conducentes en la pesquisa de compuestos químicos con actividad herbicida que se puedan aislar y sintetizar. Existen muchos materiales y compuestos que se pueden adquirir de productos naturales utilizados directamente o como insumo para la producción de moléculas herbicidas y cuyo potencial para el manejo de malezas ha sido documentado (BLANCO, 2006).

Actualmente se han investigado la potencialidad alelopática de varias plantas, conocida esta característica en una especie, a través de bioensayos en laboratorio, los resultados pueden servir como una opción más a ser utilizada en el control de malezas en campos de cultivos, puesto que las plantas poseen sus propios mecanismos de defensa y sus aleloquímicos podrían ser herbicidas naturales (LORENZO y GONZÁLEZ, 2010).

Bajo esta perspectiva y debido a ese interés, este trabajo pretende conocer el potencial de plantas que puedan contribuir al manejo de poblaciones de malezas en campos de cultivo, con la menor inversión posible, persiguiendo los siguientes objetivos:

Objetivo general

Determinar la actividad alelopática del extracto acuoso de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry y *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg., sobre malezas del cultivo de café.

Objetivos específicos

1. Determinar la actividad alelopática del extracto acuoso de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry y *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg., sobre la germinación y desarrollo inicial de malezas del cultivo de café, a través de bioensayos.
2. Determinar la concentración de extracto acuoso de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry y *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg. de mayor acción alelopática.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

Estudios realizados cuyos objetivos fueron expresamente, determinar los efectos alelopáticos de las especies *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry y *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg. sobre plantas aceptoras o malezas, son escasos o nulos, existiendo, sin embargo, varios estudios que determinan la actividad biológica de ambas especies para determinar la efectividad como plantas medicinales y biocidas para el control de plagas y enfermedades de cultivos.

En este orden de cosas, en la REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA (2008), los ponentes Da Costa et al., presentaron los resultados de un ensayo para determinar los efectos potencialmente alelopáticos de diferentes concentraciones de extracto hidroalcohólico de hojas de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry sobre la germinación de semillas, el desarrollo radicular e hipocotílico de “malicia” (*Mimosa pudica*) y “mata pastos” (*Senna obtusifolia*). El material vegetal fue secado a 40°C durante 96 horas. Luego, el material fue triturado en un molino y sometido a extracción con solución hidroalcohólica en la proporción de 7:3 (metanol: agua). Después de la evaporación del metanol, la solución acuosa resultante se liofilizó y el residuo se utilizó para preparar las soluciones a concentraciones de 0.5, 1.0, 2.0 y 3.0%. En el bioensayo de germinación de semilla y de elongación de la radícula, fueron monitoreadas en períodos de 10 días, con conteos diarios y eliminación de semillas germinadas. Los bioensayos se desarrollaron en una cámara de germinación, controlada a 25°C y fotoperiodo de 12 horas y 24 horas respectivamente, encontraron que la actividad alelopática del extracto

hidroalcohólico de las hojas de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry presentó un alto potencial de reducción de la germinación en la semilla, del desarrollo de la raíz y del hipocotilo de las dos malas hierbas usadas como receptores (“malicia” - *Mimosa pudica* y “mata pasto” - *Senna obtusifolia*). La mayor o menor medida de los efectos se asoció con la concentración del extracto, la parte de la planta analizada y la planta receptora. De los tres factores analizados, la germinación de la semilla fue la más intensamente inhibida por el extracto.

SOUZA *et. al.* (2008), evaluaron también la actividad de extracto hidroalcohólico bruto y fracciones de hojas de *Mansoa alliacea* (Bignoniaceae), sometiendo a las hojas a un solvente hidroalcohólico, para la obtención del extracto bruto, diluyéndose luego en diclorometano, acetato de etilo, metanol y acuoso. Los efectos alelopáticos del extracto bruto de las hojas de *Mansoa Alliacea* (Lam.) A.H. Gentry y de los demás solventes sobre el desarrollo de la radícula y del hipocótilo, se probaron en semillas pregerminadas de las plantas aceptoras “malicia” y “mata-pasto”, que fueron colocadas en una placa Petri sometidos a 25°C y a un fotoperiodo de 12 horas. La concentración del extracto bruto y de los demás solventes fue de 1% (m/v), siendo adicionado 3 mL en cada placa Petri, a partir de entonces agregaron agua para mantener la concentración original del sistema. Los tratamientos se compararon con un tratamiento testigo en el cuál se utilizó agua. Los resultados mostraron que la fracción de Metanol fue la que más destacó, presentó 38.0% de inhibición en el desarrollo de hipocotilo en “mata pasto”. La fracción acetato de etilo presentó 30.0% de inhibición en el desarrollo de la radícula de la planta dañina conocida como “pasto-pasto”.

Con referencia al género *Zanthoxylum*, MACÍAS *et al.* (2007), indican que pertenece a la familia Rutaceae, encontrándose dentro de ella a *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg., cuyos usos etnobotánicos reportados son dirigidos al tratamiento de enfermedades de humanos, para uso con fines febrífugos, analgésicos, infecciones, inflamación, resfriados, ulceraciones, entre otros. En cuanto respecta a la actividad biológica determinaron que tienen actividad antifúngica, antiplasmódica, antibacterial, antiinflamatoria, citotóxica, etc., que están en correspondencia con la diversidad de metabolitos secundarios presentes, de los cuales destacan alcaloides (especialmente del tipo benzofenantridínicos, quinolínicos, aporfínicos, bishoderninilterpenos, indolopiridoquinazolínicos, y canthin-6-ona), lignanos (especialmente del tipo furofuránicos y diarilbutirolactona) amidas, cumarinas, flavonoides, terpenoides, esteroides, y cromonas.

PIETRO *et al.* (2011), encontraron que el aceite esencial del fruto de *Zanthoxylum* controla *Sitophilus oryzae*, demostraron que los aceites esenciales de *Zanthoxylum* tienen significativa actividad anti fúngica sobre *F. oxysporum* y *Cercospora acutatum* y podría ser una alternativa frente a los fungicidas sintéticos utilizados usualmente para el control de enfermedades de cultivos.

2.2. Actividad alelopática

Gonçalves (2000) citado por TRUJILLO (2008), indica que Molisch utilizó por primera vez el término alelopatía que proviene del griego Allelon = “uno al otro” y pathos = “sufrir”, para referirse a los efectos benéficos o perjudiciales, que padece una planta, directa o indirectamente, por causa de la liberación de metabolitos secundarios o aleloquímicos derivados de otra planta. Asimismo,

manifiesta que el concepto de alelopatía fue estandarizado por la Asociación Internacional de Alelopatía como: Cualquier proceso que implique metabolitos secundarios causados por las plantas, microorganismos y virus que intervengan en el desarrollo y crecimiento de sistemas agrícolas y biológicos.

Ridenour (2001) citado por TRUJILLO (2008) indica que los compuestos aleloquímicos son calificados como las sustancias que podrían ser utilizadas para inhibir o estimular la germinación o el crecimiento de determinadas semillas o plántulas. La investigación de los aleloquímicos se ha incentivado como nueva forma para el control de malezas de los cultivos, las cuales compiten por espacio y nutrientes perturbando la productividad de los mismos; esta competencia es conocido como efecto detrimental y es negativo para el cultivo agrícola; indica también que el efecto mencionado es alelopático sí la actividad se debe a la presencia de metabolitos secundarios.

Krautmann *et al.* (2001) citado por TRUJILLO (2008) dan a conocer que el efecto alelopático que puede tener una planta sobre otra, es positivo, cuando estimula el crecimiento de manera normal de la planta aceptora y negativo, cuando afecta el crecimiento, o nulo cuando los aleloquímicos no tienen ningún efecto sobre el crecimiento de la planta; dichos efectos obedecen al comportamiento “de cada aceptor frente al aleloquímico y de las propiedades tanto del aceptor como del aleloquímico”.

WALLER *et al.* (1994), determinaron efectos de los extractos acuosos de las hojas de *Vigna radiata* L. y encontrando actividad alelopática positiva sobre la elongación radicular de *Lactuca sativa* L. y de *Vigna radiata* L., al ver que las semillas crecieron más que en el testigo; definiendo con esto el concepto de efecto alelopático positivo.

TRUJILLO (2008), indica que la liberación de sustancias químicas o aleloquímicas producidas por las plantas las cuales actúan sobre otras especies, determinan la actividad alelopática, producida por medio de cuatro vías principales: “lixiviación, volatilización, exudación radicular y descomposición de residuos vegetales”, las cuales se ilustran en la Figura 1.

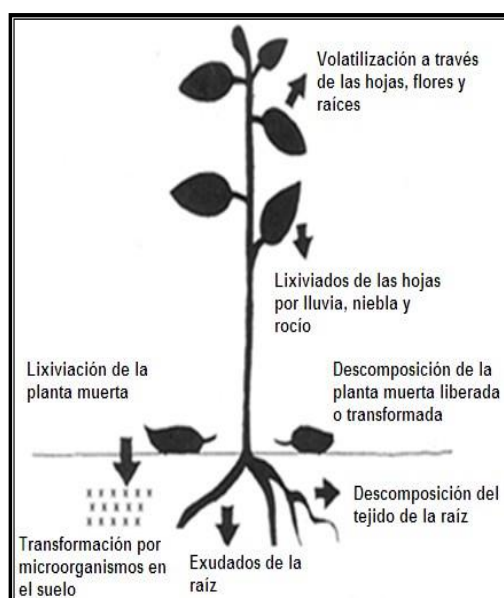


Figura 1. Vías de liberación de aleloquímicos de la planta al ambiente (CHICY y KIELBASO, 1998).

2.3. Herbicidas y aleloquímicos

Nivia (2000) citado por TRUJILLO (2008), indica que los herbicidas son tóxicos y contaminantes, por este hecho se necesitan otras alternativas de control de malezas, basadas en algunos metabolitos secundarios que tienen propiedades inhibitorias, contenidos en una planta, que pueden inhibir la germinación de las semillas y reducir el crecimiento de las plántulas, con la consecuente disminución en el impacto ambiental que producen los herbicidas químicos.

NIVIA (2000) citado por TRUJILLO (2008), refiriéndose a los pesticidas botánicos dan a conocer que según lo afirmado por parte de organismos internacionales entre ellos la Agencia para la Protección del Ambiente de los Estados Unidos de Norteamérica (EPA), la Comunidad Económica Europea y la FAO, las diferencias fundamentales con los pesticidas químicos convencionales están en su modo de acción, que no es precisamente por la vía de toxicidad directa que pueda existir, sino está dada por la pequeña concentración en el material vegetal y su especificidad que tenga para la especie a combatir. Asimismo, indica que existen diferentes estructuras de metabolitos secundarios, que son mayores en cantidad a las de los primarios. Entre los más comunes podemos mencionar a:

Terpenos. Existen en los aceites esenciales, como uno de los principales componentes presentes, provocando fenómenos tanto de repelencia como de inapetencia.

Fenoles. Estos compuestos hidroxilados pueden actuar como antialimentarios; otros parecidos como los taninos actúan como repelente por su sabor amargo y las cumarinas que inhiben el crecimiento de hongos y son tóxicas para ácaros e insectos, inhibiendo también a los nematodos.

Alcaloides. Son aquellos de mayor diversidad en cuanto a metabolitos secundarios, tiene una gran diversidad de efectos tóxicos.

Glicósidos cianogénicos. Estos liberan cianuro cuando se hidrolizan, haciéndose por lo tanto tóxicos y repelentes.

Compuestos azufrados. De estos los más importantes son los tiofenos, que tienen acción nematocida e insecticida.

Flavonoides. Son compuestos que proporcionan color característico a las plantas y a las flores, por ejemplo, la rotenona, también actúan como repelentes e inhibidores enzimáticos.

2.4. Núcleos fitoquímicos que presentan actividad alelopática

D'abrosca *et al.* (2001) citado por TRUJILLO (2008), manifiestan que entre los núcleos fitoquímicos de cierto grupo de plantas, están los glicósidos cianogénicos que poseen cierto poder alelopático gracias a que son capaces de producir, como resultado de su hidrólisis, ácido cianhídrico e hidroxibenzaldehído y este último produce después de su oxidación, el componente tóxico ácido p-hidroxibenzoico. Existen también otros compuestos fenólicos, derivados del ácido cinámico y ácido benzoico, como los ácidos ferúlico, caféico, clorogénico y p-cumárico; además también terpenoides, quinonas, flavonoides, taninos y coumarinas, que tienen actividad alelopática sobre algunas semillas de especies vegetales, como por ejemplo las semillas de *Lactuca sativa*.

El compuesto denominado sesquiterpenlactonas, fue aislado de familias botánicas como la Umbelliferaceae, Asteraceae, Magnoliaceae y Lamiaceae, presentando amplia actividad compuestos citotóxicos, alelopáticos, bactericidas y fungicidas. De igual manera, los flavonoides interfieren en el proceso fisiológico de las mitocondrias, específicamente en la respiración, lo que produce retraso en el desarrollo de las plantas (MACÍAS *et al.*, 1999 citado por TRUJILLO, 2008).

2.5. Mecanismos de acción de los agentes alelopáticos

BLANCO (2006) establece ciertas limitaciones en el estudio de los mecanismos de acción, indicando que, “debido a la diversidad de las naturalezas químicas de los diferentes agentes alelopáticos, no existe un mecanismo de acción único que explique la manera en que estos afectan a la planta receptora”. El entendimiento de la forma de actuar de un específico compuesto alelopático tiene varios inconvenientes. En algunas situaciones la disponibilidad y cantidad de muchas de estas sustancias son inferiores a las que presentan alguna actividad en bioensayos practicados en laboratorio, debido a que mayormente existen interacciones aditivas y sinérgicas, dificultando determinar la actuación de cada uno de los compuestos. Esa cantidad mínima de aleloquímico también dificulta su recuperación, para ser utilizadas en estudios donde se determinen los efectos fisiológicos y a nivel subcelular.

El mismo autor agrega, que, “estudiando un agente alelopático, en particular, muchas veces es difícil diferenciar efectos secundarios de la causa primaria de acción. Es indiscutible la importancia del estudio de cómo actúan estas sustancias”, teniendo en cuenta que pueden generar resistencias a los herbicidas comerciales en uso. Se deduce fácilmente que la utilización de sustancias con nuevos sitios de acción diferentes a los explotados hasta el momento, permitiría reducir el impacto de este problema. Asimismo, señala que falta todavía más detalles de cómo afectan el crecimiento de las plantas receptoras, conociendo hasta ahora el accionar de los compuestos fenólicos, permitiendo comprender a qué partes de la planta son mayormente transportados y en qué tejidos ejerzan su actividad. Las semillas en proceso de

germinación de cebada y lechuga (*Lactuca sativa* L.), son capaces de incorporar ácidos cinámicos, cumarina y ácidos cafeico y ferúlico.

2.6. Germinación

La germinación comienza cuando a las semillas se les suministra agua permitiendo al tegumento el paso de sustancias al interior de la semilla, comenzando con la mitosis del embrión zigótico; este proceso que se produce en el embrión, permite la germinación de la semilla, con el consecuente crecimiento y producción de tejidos. La semilla pasa por tres fases, durante el proceso de germinación, considerándose a la fase de hidratación, es donde todos los tejidos internos absorben agua y la semilla aumenta su proceso respiratorio; pasando luego a la fase de germinación donde ocurren transformaciones fisiológicas y bioquímicas internas disminuyendo el consumo de agua; observándose dentro de esta fase cuatro etapas tal como se ilustra en la Figura 2, desde la emergencia de la radícula hasta la aparición de la primera hoja, llegando finalmente la fase de crecimiento. La última es la fase de crecimiento, en la cual se produce la reactivación de la absorción del agua, se desarrolla el proceso respiratorio y se inicia la fotosíntesis (JACQUES & FENCOI, 2006).

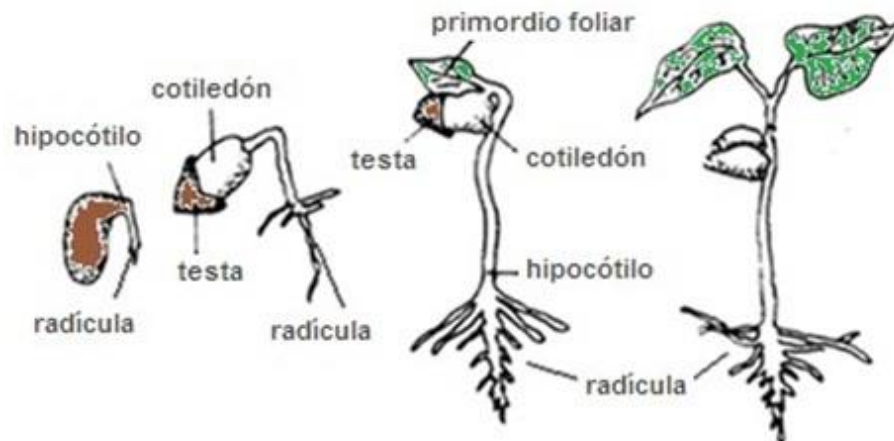


Figura 2. Fases de la germinación de las dicotiledóneas (JEAN-YVES *et al.*, 2006).

Todas esas fases se deben producir de manera natural para la germinación de la semilla y cuando estas fases se alteran, las semillas pueden pasar a la impermeabilización, retringiendo la entrada de sustancias (BRADFORD, 1995) o absorben gran volumen de agua evitando su germinación (Zalacain *et al.*, 2005 citado por TRUJILLO, 2008).

El proceso de la germinación puede verse afectado por componentes aleloquímicos, que lo favorecen o la inhiben. Los alcaloides y coumarinas, por ejemplo, interfieren en los procesos respiratorios, retrasando el crecimiento de la planta (Lu, 2004 citado por TRUJILLO, 2008). Mientras que, del segundo grupo de sustancias, los lupanos triterpénicos favorecen estimulando la actividad germinativa (Macías *et al.*, 1999 citado por TRUJILLO, 2008).

También se puede considerar que la germinación de las semillas y su rápido desarrollo está determinada por factores intrínsecos y extrínsecos; los primeros son aquellos referidos a la madurez y la viabilidad de las semillas

(García *et al.*, 2001 citado por MATILLA, 2008), la viabilidad de la semilla depende de variaciones genéticas y determinan para cada una de las especies, algunas variedades puedan adaptarse convenientemente a unas condiciones que a otras (Moreno *et al.*, 2001 citado por TRUJILLO, 2008); mientras que los factores extrínsecos están determinados por las condiciones climáticas y ambientales, como la humedad relativa, la temperatura, la iluminación, entre otros; condiciones que pueden retardar o acelerar el crecimiento de las semillas (Bertín *et al.*, 2001 citado por TRUJILLO, 2008).

2.6.1. Interacción de los aleloquímicos en la germinación

Los metabolitos secundarios que tienen efecto alelopático pueden poseer naturaleza química variada, por eso, se aguarda que cada agente aleloquímico tenga un efecto variado sobre las semillas o sobre las plántulas, afectando tejidos u órganos donde sea más posible su reacción, bajo situaciones apropiadas dependiendo su propia naturaleza (Varnero *et al.*, 2006 citado por TRUJILLO, 2008).

Lu (2004) citado por TRUJILLO (2008), indica que los agentes alelopáticos causan variados efectos sobre las plantas, al interferir o reaccionar con enzimas especializadas y que participan del ciclo celular, apaciguando los procesos de desarrollo normales de las células, reduciendo el crecimiento de la semilla o la plántula, así como también estimulando el desarrollo de ellas, estos compuestos eventualmente pueden desencadenar el deterioro de la semilla o pueden incrementar su crecimiento una vez germinada.

WALLER *et al.* (1994), explicaron como las funciones enzimáticas que se desarrollan en las raicillas pueden ser alteradas por compuestos aleloquímicos, inhibiendo el desarrollo de las plántulas. Este mecanismo de acción consiste en el bloqueo del sitio de actividad de las enzimas en las células de la raíz, que regulan el paso del agua y nutrientes, las funciones de dichas enzimas también se ven alteradas por otras sustancias tales como las saponinas triterpénicas, que son agentes aleloquímicos que no favorecen con los procesos metabólicos involucrados con el desarrollo de la planta; las enzimas presentes en la raíz hidrolizan dicho aleloquímico para obtener la aglicona; cuando aumenta la concentración del aleloquímico se bloquea la actividad enzimática evitando la liberación de la aglicona; produciendo por tanto, mayor efecto inhibitorio en la germinación o crecimiento de una planta (TRUJILLO, 2008)

2.7. Bioensayo de actividad alelopática

La cuantificación del efecto de la actividad alelopática se puede realizar mediante bioensayos, que permitirá determinar la acción del componente alelopático sobre la germinación y el crecimiento de las plántulas.

Rodríguez *et al.* (2002) citado por TRUJILLO (2008) utilizando un bioensayo de actividad alelopática, determinó el efecto de un grupo de plantas medicinales, al medir las elongaciones radicales de plántulas de albahaca (*Ocimum basilicum* L.), verificó que los crecimientos de las plántulas fueron menores y heterogéneos al del testigo o control, mediante el análisis estadístico aplicado, calculó promedios de dichas mediciones, concluyendo que existió efecto inhibitorio sobre el crecimiento.

Macías (2000) citado por TRUJILLO (2008), menciona que otro de los usos del bioensayo de actividad alelopática, es que no solo se puede utilizar como identificador del efecto, sino también como herramienta para el aislamiento y reconocimiento de aleloquímicos; es importante la selección previa del material biológico a evaluarse en el bioensayo es muy importante permitiendo obtener bioherbicidas específicos.

2.7.1. Antecedentes metodológicos

Macías *et al.* (1999) estudió especies de cultivos pertenecientes las familias umbeliferaceae, asteraceae, liliaceae, cruciferaceae, solanaceae, poaceae y malvaceae (Cuadro 1), recomendando a estas especies como receptoras de agentes alelopáticos con fines de bioensayos preliminares.

Cuadro 1. Especies vegetales receptoras a agentes alelopáticos.

Clase	Familia	Planta evaluadora
Dicotiledóneas	Cruciferaceae	“Berro” (<i>Lepidium sativum</i> L.)
	Asteraceae	“Lechuga” (<i>Lactuca sativa</i> L.)
	Umbeliferaceae	“Zanahoria” (<i>Daucus carota</i> L.)
Monocotiledóneas	Liliaceae	“Cebolla” (<i>Allium cepa</i>)
	Poaceae	“Trigo” (<i>Triticum aestivum</i> L.)
		“Cebada” (<i>Hordeum vulgare</i> L.)
		“Maíz” (<i>Zea mays</i> L.)

Fuente: MACÍAS *et al.* (1999)

La metodología empleada para la ejecución del bioensayo para determinar la actividad alelopática de especies vegetales puede variar, encontrando ciertas experiencias como las de los siguientes autores.

Kato-Noguchi *et al.* (2002) citado por TRUJILLO (2008) evaluó la actividad alelopática utilizando extractos metanólicos de *C. junos* sobre 10 semillas de *Lactuca sativa* L., a diferentes concentraciones, 1, 3, 10, 30, 100, 300, 1000 mmol/L, utilizando un control negativo, realizó las mediciones cada 36 y 60 horas, controlando la temperatura y la intensidad de la luz.

Chon *et al.* (2005) citado por TRUJILLO (2008) evaluaron cuatro extractos diferentes aplicados a 50 semillas germinadas de *Medicago sativa* (“alfalfa”), usando agua destilada estéril como testigo o control negativo, controlando también la presencia de la luz en fotoperiodos de 14 horas de luz y 12 horas de oscuridad.

Varnero *et al.* (2007) citado por TRUJILLO (2008) estudiaron los extractos de residuos orgánicos (compost) en 10 semillas de *Lactuca sativa* L., familia asteraceae y en 10 semillas de *Raphanus sativus* (cruciferaeae), usando como testigo o control negativo agua destilada estéril.

Macías *et al.* (2000) citado por TRUJILLO (2008) utilizaron nueve variedades de semillas de *Lactuca sativa* L. por ser sensibles ante agentes externos, evaluando la sensibilidad de estas semillas frente a ocho herbicidas sintéticos; encontrando que *L. sativa* L. es la dicotiledónea más apropiada para la evaluación fitotóxica.

Aportela (2001) citado por TRUJILLO (2008), desarrolló una investigación de la actividad alelopática utilizando varios tipos de semillas de especies vegetales evaluadas por otros investigadores, entre ellas se encuentran las especies *R. sativus*, *Lactuca sativa*, *Allium cepa* y *Oryza sativa*; las semillas de las especies indicadas fueron evaluadas sobretodo el

crecimiento y desarrollo frente a un extracto específico; estos resultados permitieron determinar que del grupo de plantas seleccionadas *L. sativa*. mostró mayor sensibilidad, mayor ritmo de crecimiento y de absorción de aleloquímicos.

En los ensayos realizados por D'abrosca *et al.* (2001) citado por TRUJILLO (2008) utilizando semillas de *Lactuca sativa*. para realizar análisis cuantitativos con la finalidad de determinar la concentración de elongación media y la concentración letal media de los extractos utilizados; también GONÇALVES *et al.* (2000) utilizó semillas de *Lactuca sativa*. para realizar un ensayo de análisis descriptivo. En los dos estudios encontraron resultados satisfactorios, ya que, al comparar la elongación radicular de las plántulas sometidas al testigo o control negativo, obtuvieron alta inhibición del crecimiento de la plántula, lo que permite determinar alta sensibilidad de las semillas.

Varnero *et al.* (2007) estudiaron el comportamiento del “rabanito” (*Raphanus sativus*) y de la lechuga (*Lactuca sativa*), encontrando que el “rabanito” presentó la mayor sensibilidad a componentes fitotóxicos. El ensayo contempló la utilización de residuos de compost como medio o sustrato, en el cual crecieron las semillas evaluadas en la fase de maduración; sin embargo, en un ensayo realizado por Varnero *et al.* (2006) con los mismos residuos en una fase diferente de maduración, *L. sativa*. demostró tener mayor sensibilidad que *R. sativa*.

Macías *et al.* (1999) citado por TRUJILLO (2008) concluyeron que las semillas de *Lactuca sativa* son las apropiadas para la determinación de compuestos aleloquímicos.

2.8. Descripción de las plantas en evaluadas.

2.8.1. *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry (“Ajo Sacha”)

Descripción botánica:

MEJÍA *et al.* (2000), describen a esta especie como arbusto semi trepador de 3 m de altura o más, las partes vegetativas presenta olor característico a ajos o cebolla, pequeñas pseudo estípulas, cónicas y aplanadas. Las hojas presentan zarcillos trífidos, folíolos abovados a elípticos de 5 - 27 x 2 - 18 cm aproximadamente, ápice obtuso a agudo y con la base base cuneada. Las inflorescencias son de tipo axilares en panículas o racimos pausifloras; la corola de color violeta de forma tubular campanulada de 6 a 9 cm de largo aproximadamente. El fruto es de tipo capsular linear oblonga lignificada, de superficie lisa. Las semillas presentan dos alas membranáceas, de color parduzco y subhialinas en el borde. Comúnmente se le conoce como “ajos del monte”, “ajo sachá”, “Shansque boains” (shipibo-conibo), etc. (Figura 3).



Figura 3. *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry (“Ajo Sacha”)

ITIS (2021) , ubica a *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry, en la clase magnoliopsida, orden lamiales, familia botánica Bignoniaceae. Dentro de la actividad biológica se destaca el uso para el tratamiento de enfermedades como el reumatismo, analgésico, dolor de cabeza, epilepsia, fiebre.

Composición química y actividades biológicas de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry

Patel *et al.* (2013), citado por SANGAMA & NEVES (2013) da a conocer que en las hojas de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry se encuentra la presencia de alcaloides, tanino, fenoles, flavonoides, glicósidos y esteroides, lignina, quinona. También contiene ciertos compuestos azufrados como la aliina y la alicina los cuales producen el olor y sabor. Las hojas y las flores contienen los conocidos esteroides de acción antiinflamatoria y antibacteriano, beta-sitosterol, estigmasterol, duocosterol y fucosterol.

CALERO (2012), indica que también contiene otras sustancias químicas son las proteínas, carbohidratos, flavonas, alcaloides, saponinas, sulfuro de dimetilo, sulfuro de dialil, sulfuro de divinilo, además de vitamina E y C y minerales como el cromo y el selenio.

ZOGHBI *et al.* (2009), da a conocer que *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry pertenece a la familia de Bignoniaceae, caracterizada por contener dos compuestos químicos conocidas como naftoquinonas citotóxicas (lapachol (9-methoxy-alfalapachone y 4-hidroxy-9-methoxy-alfa-lapachone) los cuales le confiere actividad anticancerosa y antimicrobiana.

2.8.2. *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg. (“Shapilloja”, “Limoncillo”)

Descripción botánica

Es conocida con los nombres comunes: “Shapilloja”, “limoncillo”, “correosa”, “palo mulato”. Es un árbol con espinas, con forma de gancho en el tronco, las hojas con glándulas traslúcidas en la orilla, muy aromáticas al estrujarse. Los frutos rojizos contrastan mucho con el follaje verde brillante. Se propagan por semillas o por propagación vegetativa, usando esquejes de raíz. Es necesario cortar porciones de raíces con una longitud de 3 a 5 cm y colocarlas horizontalmente en pequeñas macetas. Llenar las macetas a tres cuartos de su capacidad con un sustrato con muy buen drenaje. Regar y cubrir con papel hasta que se observe que aparece nuevo crecimiento. No existen experiencias con esquejes de tallo (Figura 4). El género *Zanthoxylum* es muy usado en la medicina tradicional folclórica, como por ejemplo para el tratamiento contra la tos, dolor de muela, fiebre, disentería, mordedura de serpiente, uretritis, enteritis, diarrea y la estomatitis, también se utiliza para el tratamiento de enfermedades como malaria, tos, resfriados y neumonía, dolor de muela, heridas, tónico contra la fiebre y adicionalmente también se utiliza como tratamiento en la mordedura de serpiente, etc. (MACÍAS *et al.* (2011).

ITIS (2021), ubica a *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg., en la clase magnoliopsida, orden sapindales, familia botánica rutaceae



Figura 4. *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg. ("Shapilloja")

Composición química y actividades biológicas del género *Zanthoxylum*

Diéguez *et al.* (2004) citado por GUERRERO (2020), refiriéndose a la fitoquímica de *Zanthoxylum fagara*, indican que presenta gran variedad de metabolitos secundarios, siendo los alcaloides los que presentan mayor presencia con 89.5%, seguido de terpenos (54.7%), lignanos (51.6%), esteroides (42.1%), cumarinas (37.9) y flavonoides (23.2%). Así mismo observaron que los niveles de metabolitos varían en función del órgano de la planta, estableciendo un porcentaje de presencia: corteza (38.6%), raíz (13.9%), hojas (10.4%), pericarpio (6.9%), madera (4.4%) y frutos (4.0%). También determinaron el porcentaje de cada metabolito presente en los distintos órganos diferenciándolos de entre alcaloides, terpenos, cumarinas, flavonoides, lignanos y esteroides.

Cuadro 2. Presencia de los metabolitos (%) en los diferentes órganos de la planta (*Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg.).

Parte útil	Metabolitos encontrados					
	Alcaloides	Lignanos	Terpenos	cumarinas	Esteroides	Flavonoides
Corteza	41.2	14.9	14.0	9.6	7.8	3.3
Fruto	25.7	5.7	14.3	14.3	5.7	11.4
Raíz	44.9	12.4	11.2	10.1	6.7	1.1
Hojas	36.7	13.3	14.4	1.1	13.3	7.8
Pericarpio	26.7	5.0	20.0	8.3	3.3	1.6
Madera	34.2	5.3	0.0	18.4	15.8	7.9

Fuente: DIÉGUEZ *et al.* (2004)

MACÍAS *et al.* (2011), realizaron el análisis fitoquímico de extracto etanólico de *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg., encontrando metabolitos secundarios como lignanos, alcaloides, terpenos, amidas, flavonoides cumarinas, asimismo tienen cromonas, esteroides y sinefrina, meridinol, skimmianina y escopoletina. Así mismo, en el aceite esencial encontraron citronellol y el citronellal, como metabolitos mayoritarios. De *Z. fagara* se reportó acción antifúngica contra los microorganismos *Microsporium canis*, *Saccharomyces cerevisiae*, y *Trichophyton mentagrophytes*.

PIETRO *et al.* (2011), determinaron la composición química de los aceites esenciales presentes en los frutos de *Zanthoxylum monophyllum* (Lam.) P. Wilson, *Zanthoxylum rhoifolium* Lam. y *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg. conseguidos mediante destilación por arrastre con vapor y se evaluaron la acción insecticida y antifúngica de los aceites esenciales para evaluar su uso como posibles plaguicidas. El análisis practicado por cromatografía de gases-espectrometría de masas (CG/EM) se reconoció la identificación de 57

compuestos. β -Mirceno (59.03%), β -felandreno (21.47%) y germacreno D (9.28%) son los compuestos principales del aceite de *Z. rhoifolium*; los principales componentes del aceite de *Z. monophyllum* fueron sabineno (25.71%), 1,8 -cineol (9.19%) y cis-4- thujanol (9.19%). El aceite esencial de frutos de *Z. fagara* está compuesto básicamente por germacreno D-4-ol (21.1%), elemol (8.35%) y α -cadinol (8.22%).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del ensayo

La investigación se realizó en el Laboratorio de Botánica y Dendrología de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto, situado en la ciudad universitaria, distrito de Morales, provincia y región de San Martín.

3.2. Materiales y equipos

- Material vegetal (hojas) para la obtención de extracto acuoso.
- Semillas de maleza.
- Papel aluminio
- Placa de Petri
- Papel filtro Whatmann N° 3
- Envase de plástico esterilizado de 250 ml
- Probetas de 250 ml
- Vasos de precipitación de 1000 ml
- Pilonos de porcelana
- Hipoclorito de sodio
- Agua destilada estéril
- Alcohol 96°
- Macetero de plástico
- Sustrato (suelo) esterilizado
- Vernier
- Balanza de precisión
- Agitador magnético

3.3. Metodología

3.3.1. Características del experimento (bioensayo):

Repeticiones:

Número de repeticiones : 03

Tratamientos:

Tratamientos por repetición : 05

Unidades experimentales por repetición : 05

3.3.2. Tratamientos en estudio

Teniendo en cuenta las consideraciones del diseño y características del experimento, se utilizó las concentraciones que se indican a continuación:

Cuadro 3. Concentración de extracto acuoso de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry y *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg.

Tratamiento	Concentración de extracto acuoso
T ₀	(agua destilada – Testigo)
T ₁	5% de extracto acuoso
T ₂	10% de extracto acuoso
T ₃	15% de extracto acuoso
T ₄	20% de extracto acuoso

Estas concentraciones de extracto acuoso de la hoja tanto de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry y *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg., se utilizaron en el bioensayo sin sustrato y con sustrato (suelo agrícola) contenido en los envases respectivamente.

3.3.3. Diseño estadístico

Para el tratamiento de los datos obtenidos, se utilizó el diseño estadístico DCA (Diseño Completamente al Azar) con 05 tratamientos en total (Cuadro 4). Los datos se sometieron a análisis de varianza, se compararon las medias aritméticas de cada tratamiento, aplicando para ello la prueba de rangos múltiples de Duncan ($\alpha = 0.05$).

Componentes en estudio:

Especies en evaluación:

- *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry
- *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg.

Dosis o concentración del extracto acuoso.

- 5%, 10%, 15%, 20% y control de prueba (agua destilada)

Malezas receptoras:

- *Bidens pilosa* L.
- *Elephantopus mollis* H.B.K.
- *Ruellia* sp.
- *Crassocephalum* sp.

Modelo aditivo lineal:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}.$$

Donde:

Y_{ij} = respuesta obtenida en la j -ésima repetición al cual se le aplicó el i -ésimo tratamiento.

μ = efecto de la media general.

T_i = efecto del i -ésimo tratamiento.

E_{ij} = efecto aleatorio del error experimental asociado a la observación Y_{ij}

Para:

$i = 1, 2, 3, 4$ tratamientos

$j = 1, 2, 3$ repeticiones

Cuadro 4: Esquema de análisis de varianza (ANVA)

Fuente de variabilidad	G.L.	SC	CM	Fc	P valor
Tratamientos	$t - 1$				
Error	$t(r - 1)$				
Total	$(r \times t) - 1$				

3.3.4. Distribución de los tratamientos

Los tratamientos en estudio se distribuyeron de manera aleatorizada, tanto para el bioensayo sin sustrato y para el bioensayo de actividad alelopática utilizando suelo agrícola como sustrato, en envases de plástico, de acuerdo al diseño estadístico seleccionado (Figura 37 del Anexo).

3.3.5. Obtención del extracto acuoso

Para cada uno de los tratamientos, se pesaron 50 g de la parte aérea de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry. y *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg., triturándola en una licuadora y/o pilón de porcelana, añadiendo previamente la cantidad de agua destilada necesaria (1000, 500, 333.33, 250 ml) para obtener las disoluciones de 5%, 10%, 15% y 20% de la concentración del extracto, se sometió a agitación en un equipo agitador magnético a 60 rpm por un periodo de 24 horas, con temperatura ambiental controlada de 25°C, pasado este tiempo se filtró la mezcla para separar los sólidos.

3.3.6. Recolección semillas de malezas en campos de cultivo de café.

Se realizó la recolección de semillas 04 especies de malezas que predominaban en el campo de cultivo de café, identificándolas taxonómicamente.

El campo de cultivo de café, donde se realizó la recolección de semillas de malezas, está ubicado en la localidad de Chirapa, distrito y provincia de Lamas, cuyas coordenadas UTM son 6°24'25.3"S 76°27'37.1"W, con una altitud de 920 msnm.

3.3.7. Bioensayo preliminar de la actividad alelopática en semillas de

***Lactuca sativa* L.**

Se realizó un ensayo preliminar sin diseño estadístico en semillas de *Lactuca sativa* L., utilizando los extractos acuosos de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry y *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg., de acuerdo a lo sugerido por MACÍAS *et al.* (1999), quienes indican que las semillas de *Lactuca sativa* L. sirven para la detección de aleloquímicos, puesto que son buenas aceptoras, sobre todo para realizar bioensayos preliminares, esto permitió conocer de manera preliminar la actividad alelopática de las dos especies vegetales con potencial alelopático.

3.3.8. Bioensayo de la actividad alelopática

a) Desinfección de las semillas.

Las semillas de las malezas, se desinfectaron con una solución de hipoclorito al 1% por el lapso de 15 minutos, transcurrido este tiempo se enjuagaron con agua destilada estéril previo a ser utilizadas; antes de ello se seleccionó apropiadamente las semillas que tenían el embrión intacto,

libres de daños mecánicos y no vanas, con el fin de aminorar la variabilidad en los resultados.

b) Prueba de viabilidad de las semillas

Esta prueba se realizó mediante la determinación del porcentaje de germinación de las semillas de las 04 malezasceptoras seleccionadas, ya que se sabe que las condiciones inapropiadas de almacenaje, el mal manejo de las semillas, entre otros aspectos, disminuye el porcentaje de germinación de las semillas; considerando viable si el porcentaje de germinación obtenido es mayor o igual a 70% (ENCALADA, 1978).

Diez semillas de cada una de las 04 malezas en evaluación se colocaron en una placa Petri conteniendo papel filtro Whatmann N° 3 humedecido con 6 ml de agua destilada, a una temperatura constante de 25°C. Se anotó el número de días desde la fecha de instalación hasta la emisión de los cotiledones respectivos, evaluación que nos permitió conocer el número de días para la toma de datos de la medición de la elongación radicular de cada una de las plántulas de las malezas en evaluación.

3.3.9. Instalación del bioensayo de la actividad alelopática

a. Bioensayo sin utilizar sustrato

En un envase de plástico esterilizado de 250 ml de capacidad, se colocó 10 semillas de maleza receptora evaluada (Cuadro 4) sobre un disco de papel de filtro Whatmann N° 3 dispuesto en el fondo del envase y se añadió 6 ml del extracto de cada concentración. En el ensayo se mantuvo un testigo o

control (T_0) de referencia a base de agua destilada estéril en sustitución del extracto vegetal.

b. Bioensayo utilizando sustrato.

En un envase de plástico de 250 ml de capacidad se colocó suelo agrícola esterilizado (100 g), en el cual se puso 10 semillas de maleza receptora y se añadió 50 ml del extracto acuoso de cada concentración, contando también con un testigo o control (T_0) de referencia a base de agua destilada estéril en reemplazo del extracto vegetal.

Los envases de plástico conteniendo a los tratamientos, se distribuyeron de acuerdo al diseño estadístico seleccionado (Figura 37 del Anexo).

3.3.10. Toma de datos

Las mediciones y determinaciones de la longitud de radícula, se realizaron de acuerdo al número de días a la germinación contabilizadas durante la prueba de viabilidad de las semillas de los testigos de referencia (Cuadro 7), utilizando para ello un calibrador (vernier) y el software Image Focus Alpha. Se consideró una semilla con germinación completa cuando ésta muestra la radícula y los cotiledones respectivos (MATILLA, 2008).

Finalizado lo anterior se determinó la Germinación Relativa de Semillas (GRS) para cada tratamiento, el Crecimiento Relativo de Radícula (CRR), calculados a partir del número de semillas germinadas y las mediciones de las elongaciones de las radículas (cm), con estos datos previos se determinó el Índice de germinación (IG).

a. Germinación Relativa de Semillas (GRS)

La Germinación Relativa de Semillas (GRS) se determinó relacionando el número de semillas germinadas en el extracto con el número de semillas germinadas en el control o testigo multiplicado por cien (VARNERO *et al.*, 2007). Se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$GRS = \frac{N^{\circ} \text{ de semillas germinadas en el extracto}}{N^{\circ} \text{ de semillas germinadas en el testigo}} \times 100$$

b. Crecimiento Relativo de Radícula (CRR)

El CRR se calculó relacionando las medidas de la longitud o elongación de la radícula de las plántulas en el extracto con la longitud o elongación de radículas en el testigo multiplicado por cien (VARNERO *et al.*, 2007). La siguiente ecuación, conllevó a la obtención de dichos valores.

$$CRR = \frac{\text{Longitud de radículas en el extracto}}{\text{Longitud de radículas en el testigo}} \times 100$$

c. Índice de germinación (IG)

El IG se determinó mediante la multiplicación de la Germinación Relativa de las Semillas (GRS) por el Crecimiento Relativo de la Radícula (CRR) sobre 100 (VARNERO *et al.*, 2007).

RODRÍGUEZ (2014) da a conocer que el índice de Germinación es un indicador de la interacción de los factores que inhiben o promueven el proceso de la germinación, así como de los factores que impiden o favorecen el crecimiento de la radícula. El IG expresa tanto el porcentaje de

semillas germinadas como el porcentaje de elongación de la radícula en el bioensayo. Se calculó mediante la siguiente ecuación: $IG = (GRS * CRR)/100$

d. Determinación del nivel fitotoxicidad

El nivel de fitotoxicidad se determinó utilizando la metodología de VARNERO *et al.* (2007), que permitió clasificar al posible agente alelopático fitotóxico comprendido dentro de los niveles que dependen del valor IG de cada bio-indicador, para el caso de la presente investigación, las malezas en estudio.

Los resultados obtenidos de IG se evaluaron en tres categorías fitotóxicas: severa o alta, moderada y leve o baja. Estableciéndose el siguiente criterio de interpretación: severa o alta para valores de $IG \leq 50\%$ que indica una fuerte presencia de sustancias fitotóxicas; un valor entre 50 y 80% se interpretó como la presencia moderada de estas sustancias; leve o baja si el $IG \geq 80\%$ e inferiores a 100%, lo que indicó que están en muy baja concentración y valores iguales a 100% indicaría que no hay fitotoxicidad (HUERTA, 2015).

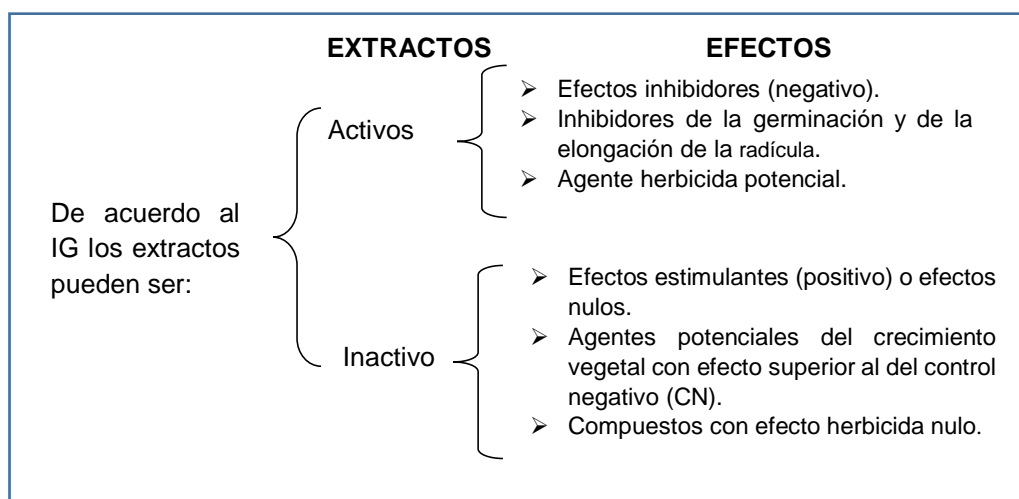
Cuadro 5. Niveles de fitotoxicidad de acuerdo al Índice de Germinación (IG)

Porcentaje de IG	Nivel de fitotoxicidad
$IG \leq 50\%$	Fitotoxicidad severa o alta
$50\% < IG \leq 80\%$	Fitotoxicidad moderada
$80\% < IG < 100\%$	Fitotoxicidad leve o baja
IG iguales al 100%	No hay fitotoxicidad

Utilizando los valores del GRS, CRR e IG determinados en cada bioensayo de germinación, se estableció la alelopatía (fitotoxicidad) del

extracto acuoso de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry. y *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg., sobre las malezas estudiadas.

La determinación del potencial alelopático de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry. y *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg. por tratamiento, se estableció de acuerdo a los criterios descritos por VARNERO *et al.* (2006) en donde se considera como activo los tratamientos que permitieron inhibir la germinación de las semillas.



Criterios para la determinación del potencial alelopático de los extractos activos e inactivos (VARNERO *et al.*, 2006).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Malezas aceptoras utilizadas en los bioensayos

En el Cuadro 6, se muestran las malezas aceptoras, cuyas semillas se utilizaron para realizar los bioensayos para determinar la actividad alelopática del extracto acuoso de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry y *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg.

Cuadro 6. Malezas aceptoras de extracto acuoso de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry y *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg.

Maleza aceptora evaluada	Familia botánica
<i>Bidens pilosa</i> L. ("Cadillo")	Asteraceae
<i>Elephantopus mollis</i> H.B.K. ("Trapiche quihua")	Asteraceae
<i>Ruellia</i> sp.	Acanthaceae
<i>Crassocephalum</i> sp.	Asteraceae

4.2. Verificación de la viabilidad de las semillas

En el Cuadro 7, se muestra los porcentajes y días a la germinación de las semillas de *Lactuca sativa* L. y de las 04 malezas aceptoras, de acuerdo a ello se observa que *Lactuca sativa* L. presenta un 100% de porcentaje de germinación, *Bidens pilosa* L. 93.33%, *Elephantopus mollis* H.B.K. 93.33%, *Ruellia* sp. 100% y *Crassocephalum* sp. 86.67%; con 5, 14, 15, 7 y 7 días a la germinación respectivamente; estos porcentajes de germinación, permitieron determinar que la viabilidad de las semillas es la adecuada a efectos de realizar los bioensayos (MATILLA, 2008), entendiéndose que para determinar los días a la germinación se tuvo en cuenta la presencia de los cotiledones respectivos,

para *Lactuca sativa* es conocido el rango de días es 4 a 6 días, sin embargo para el caso de las 04 malezas aceptoras estudiadas no existe información previa publicada.

Cuadro 7. Porcentaje y días a la germinación de las semillas de *Lactuca sativa* L., *Bidens pilosa* L., *Elephantopus mollis* H.B.K., *Ruellia* sp. y *Crassocephalum* sp.

(Nombre común)	Nombre científico	Cant. de semillas sembradas	Cant. de semillas germinadas	Núm. de días a la germinación	Porcentaje de germinación
Lechuga	<i>Lactuca sativa</i> L.	10	10	5	100.00%
"Pacunga", "Cadillo"	<i>Bidens pilosa</i> L.	10	9	14	90.00%
"Trapiche Quihua"	<i>Elephantopus mollis</i> H.B.K.	10	9	15	90.00%
	<i>Ruellia</i> sp.	10	10	7	100.00%
	<i>Crassocephalum</i> sp.	10	9	7	90.00%

4.3. Bioensayo preliminar de la actividad alelopática en semillas de *Lactuca sativa* L.

En el Cuadro 8, se presentan los promedios del Número de Semillas Germinadas (NSG), Longitud Promedio de Radícula (LPR), Germinación Relativa de Semillas (GRS), Crecimiento Relativo de Radícula (CRR) e Índice de Germinación (IG), obtenidos en el bioensayo preliminar de la actividad alelopática del extracto acuoso de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry y *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg. en semillas de *Lactuca sativa* L., por tratamiento o concentración, sin aplicar diseño estadístico.

Cuadro 8. Indicadores de actividad alelopática, según concentración de extracto acuoso foliar de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry y *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg. en semillas de *Lactuca sativa* L., a los 5 días después de la siembra.

Indicador (*)	<i>Mansoa alliacea</i> (Lam.) A.H. Gentry					<i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg.				
	T0	T1 (5%)	T2 (10%)	T3 (15%)	T4 (20%)	T0	T1 (5%)	T2 (10%)	T3 (15%)	T4 (20%)
LPR (cm)	3.91	0.55	0.28	0.15	0.13	3.90	1.09	0.81	0.54	0.42
GRS (%)	100.00	63.33	36.67	16.67	13.33	100.00	83.33	73.33	56.67	43.33
CRR (%)	100.00	13.98	7.28	3.84	3.37	100.00	27.93	20.67	13.75	10.80
IG (%)	100.00	8.88	2.66	0.64	0.46	100.00	23.15	15.13	7.83	4.69

(*) NSG: Número de Semillas Germinadas; LPR: Longitud Promedio de Radícula (cm); GRS: Germinación Relativa de Semillas (%); CRR: Crecimiento Relativo de Radícula (%); IG: Índice de Germinación (%)

De acuerdo a los valores observados en el Cuadro 8, se verifica que las semillas de *Lactuca sativa* L., tienen fitotoxicidad severa o alta al extracto acuoso foliar de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry y *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg., puesto que los valores del Índice Germinación son menores a 50%, siendo considerablemente severa a la dosis de 20% de extracto acuoso (0.46% y 4.69 respectivamente), como consecuencia de la afectación directa al embrión y las radículas de aquellas que lograban germinar, lo cual indica, de acuerdo a lo afirmado por MACÍAS *et al.* (1999), que las semillas de *Lactuca sativa* L. son las apropiadas para la detección de aleloquímicos, puesto que son buenas aceptoras, sobre todo para realizar bioensayos preliminares. Esto también lo manifiesta Aportela (2001) citado por TRUJILLO (2008), quien determinó la sensibilidad frente a aleloquímicos en semillas de las especies *Lactuca sativa* L., *Raphanus sativus*, *Allium cepa* y *Oryza sativa* L., en las indicadas semillas valoró el crecimiento y desarrollo de la radícula, los resultados logrados permitieron establecer que dentro del grupo seleccionado *Lactuca sativa* L. fue

la que demostró mayor sensibilidad. D'abrosca *et al.* (2001) citado por TRUJILLO (2008), también realizados trabajos empleando semillas de *Lactuca sativa* L. para efectuar análisis cuantitativos para determinar la concentración letal media y la concentración de la elongación media de los extractos evaluados; asimismo en el estudio realizado por GONÇALVES *et al.*, (2000) quienes utilizaron semillas de *Lactuca sativa* L. para ejecutar un análisis descriptivo, en ambos estudios los resultados logrados fueron satisfactorios, ya que al comparar la elongación radicular de las plántulas sometidas con el testigo o control negativo, se obtuvieron alta inhibición del crecimiento, lo que muestra una elevada sensibilidad de las semillas.

De la prueba de toxicidad preliminar en semillas de *Lactuca sativa* L., nos permitió contar con la información acerca del posible efecto de la actividad alelopática de los extractos acuosos de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry y *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg. sobre las 04 malezas aceptoras en evaluación, considerando también que *Lactuca sativa* L. es de rápida y fácil germinación posibilitando desarrollar pruebas en pocos días.

4.4. Indicadores de actividad alelopática de extracto acuoso foliar de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry

4.4.1. Indicadores de actividad alelopática de extracto acuoso foliar de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry en condiciones de laboratorio (sin sustrato).

a. Germinación Relativa de Semillas (GRS %)

Cuadro 9. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para la Germinación Relativa (GRS), según la concentración de extracto acuoso foliar de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry en semillas de malezas aceptoras (sin sustrato).

Tratamiento	<i>Bidens pilosa</i> L.	<i>Elephantopus</i> <i>mollis</i> H.B.K.	<i>Ruellia</i> sp.	<i>Crassocephalum</i> sp.
T ₀ (Control)	100.00 a	100.00 a	100.00 a	100.00 a
T ₁ (5%)	76.67 ab	66.67 b	86.67 ab	66.67 b
T ₂ (10%)	56.67 bc	53.33 c	73.33 bc	53.33 c
T ₃ (15%)	50.00 c	36.67 d	63.33 cd	46.67 c
T ₄ (20%)	33.33 c	26.67 d	50.00 d	33.33 d
CV (%)	21.18	12.06	13.39	8.61
p-valor	0.0011	<0.0001	0.0009	<0.0001
Sig.	S	S	S	S
nds	14	15	7	7

Medias de tratamientos agrupadas con la misma letra no son significativamente diferentes ($p > 0.05$); CV: Coeficiente de variabilidad; S: Significativa (p -valor < 0.05); nds: Número de días después de la siembra.

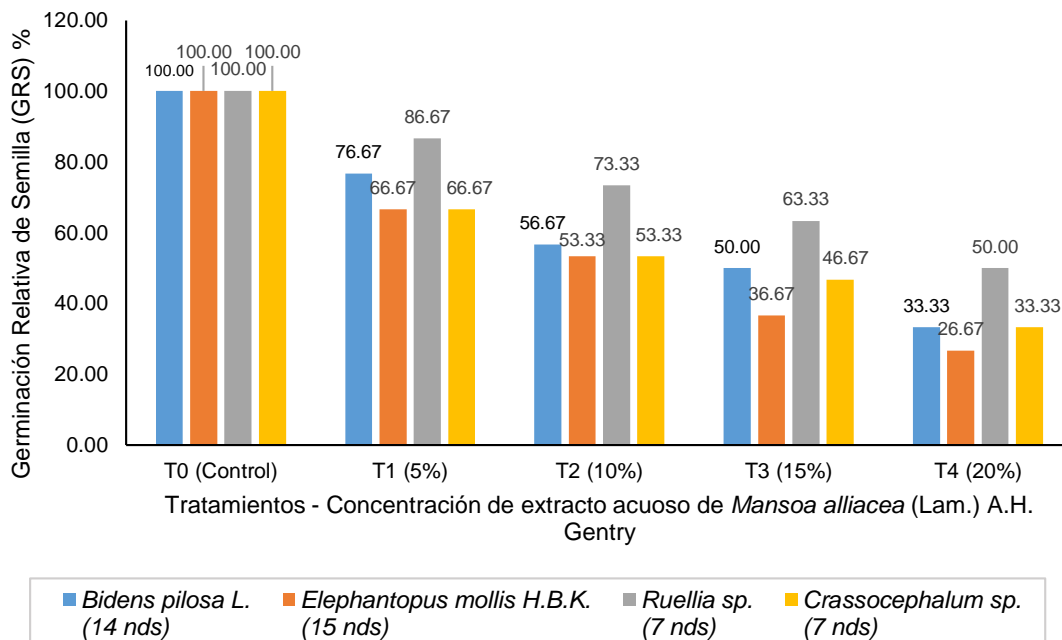


Figura 5. Germinación Relativa de la Semilla (GRS), según la concentración de extracto acuoso foliar de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry en semillas de malezas aceptoras (sin sustrato).

nds: Número de días después de la siembra.

Con referencia a la Germinación Relativa (GRS), según la concentración de extracto acuoso foliar de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry aplicado a las semillas de las cuatro malezas aceptoras en el bioensayo sin sustrato (Cuadro 9 y Figura 5), se detectaron diferencias significativas en cada una de las concentraciones utilizadas con referencia al testigo o control, destacando las concentraciones 10%, 15% y 20%, que afectan en mayor medida a la germinación relativa de las semillas de las especies *Bidens pilosa* L., y todas las concentraciones para *Elephantopus mollis* H.B.K., *Crassocephalum* sp., con respecto a *Ruellia* sp. destaca la concentración de 15% y 20% de extracto acuoso afectando más a la germinación relativa.

b. Crecimiento Relativo de Radícula (CRR) %

Cuadro 10. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el Porcentaje de Crecimiento Relativo de Radícula (CRR), según concentración de extracto acuoso foliar de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry en semillas de malezas aceptoras (sin sustrato).

Tratamiento	<i>Bidens pilosa</i> L.	<i>Elephantopus mollis</i> H.B.K.	<i>Ruellia</i> sp.	<i>Crassocephalum</i> sp.
T ₀ (Control)	100.00 a	100.00 a	100.00 a	100.00 a
T ₁ (5%)	60.42 b	21.95 b	66.36 b	36.51 b
T ₂ (10%)	49.41 bc	7.96 c	40.23 c	27.02 bc
T ₃ (15%)	38.21 c	6.67 c	14.78 d	18.26 cd
T ₄ (20%)	15.69 d	4.96 c	13.03 d	13.69 d
CV (%)	14.98	5.60	11.58	14.00
p-valor	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Sig.	S	S	S	
nds	14	15	7	7

Medias de tratamientos agrupadas con la misma letra no son significativamente diferentes ($p > 0.05$); CV: Coeficiente de variabilidad; S: Significativa (p -valor < 0.05); nds: Número de días después de la siembra.

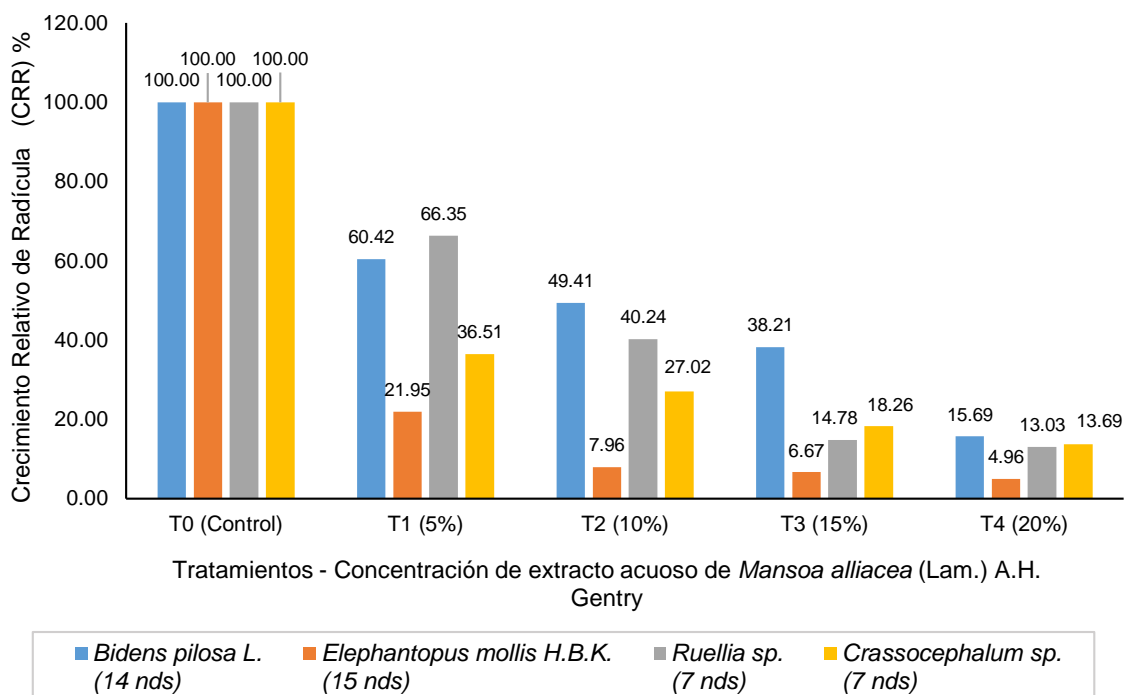


Figura 6. Crecimiento Relativo de Radícula (CRR), según concentración de extracto acuoso foliar de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry en semillas de malezas aceptoras (sin sustrato).

nds: Número de días después de la siembra.

En relación al Crecimiento Relativo de la Radícula (CRR), según la concentración de extracto acuoso foliar de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry aplicado a las semillas de las cuatro malezas aceptoras en el bioensayo sin sustrato (Cuadro 10 y Figura 6), se determinaron diferencias significativas en cada una de las concentraciones utilizadas con referencia al testigo o control, observándose que todas las concentraciones (5%, 10%, 15% y 20%) afectan al Crecimiento Relativo de la Radícula de las plántulas de las especies *Bidens pilosa* L., *Elephantopus mollis* H.B.K., *Ruellia* sp. y *Crassocephalum* sp., siendo *Elephantopus mollis* H.B.K. la especie más afectada.

c. Índice de Germinación (IG %)

Cuadro 11. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el Porcentaje de Índice de Germinación (IG), según concentración de extracto acuoso foliar de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry en semillas de malezas aceptoras (sin sustrato).

Tratamiento	<i>Bidens pilosa</i> L.	<i>Elephantopus</i> <i>mollis</i> H.B.K.	<i>Ruellia</i> sp.	<i>Crassocephalum</i> sp.
T ₀ (Control)	100.00 a	100.00 a	100.00 a	100.00 a
T ₁ (5%)	46.13 b	14.62 b	57.42 b	24.14 b
T ₂ (10%)	27.47 c	4.30 c	29.19 c	14.32 c
T ₃ (15%)	17.13 d	2.35 d	9.21 d	8.57 d
T ₄ (20%)	5.55 e	1.37 d	6.50 d	4.61 d
CV (%)	8.31	3.86	11.10	9.58
p-valor	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Sig.	S	S	S	S
nds	14	15	7	7

Medias de tratamientos agrupadas con la misma letra no son significativamente diferentes ($p > 0.05$); CV: Coeficiente de variabilidad; S: Significativa (p -valor < 0.05); nds: Número de días después de la siembra.

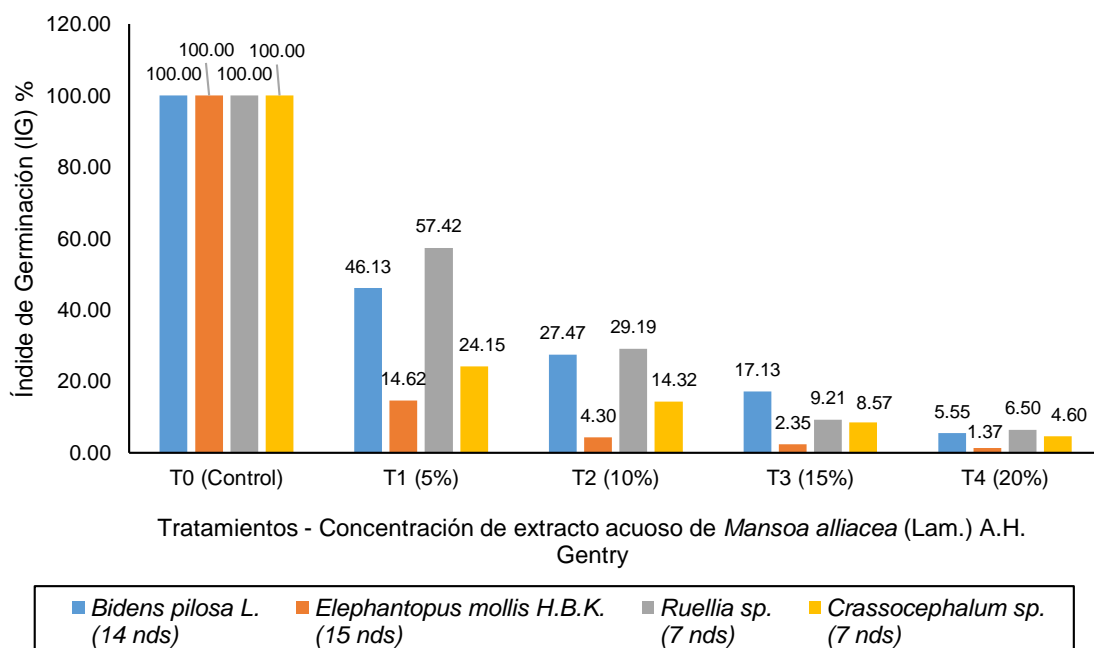


Figura 7. Índice de Germinación(IG), según concentración de extracto acuoso foliar de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry en semillas de malezas aceptoras (sin sustrato).

nds: Número de días después de la siembra.

Con referencia al Índice de Germinación (IG), según la concentración de extracto acuoso foliar de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry aplicado a las semillas de las cuatro malezas aceptoras en el bioensayo sin sustrato (Cuadro 11 y Figura 7), también se evidenciaron diferencias significativas en cada una de las concentraciones utilizadas con referencia al testigo o control; todas las concentraciones 5%, 10%, 15% y 20% respectivamente, afectaron a las semillas y plántulas de las especies *Bidens pilosa* L., *Elephantopus mollis* H.B.K., *Ruellia* sp. y *Crassocephalum* sp., (Figuras 9, 10, 11 y 12), observándose que *Elephantopus mollis* H.B.K. es el más afectado, demostrando que existe interacción de los factores o metabolitos secundarios presentes en *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry que inhiben o promueven la germinación y la elongación de la radícula (RODRÍGUEZ, 2014).

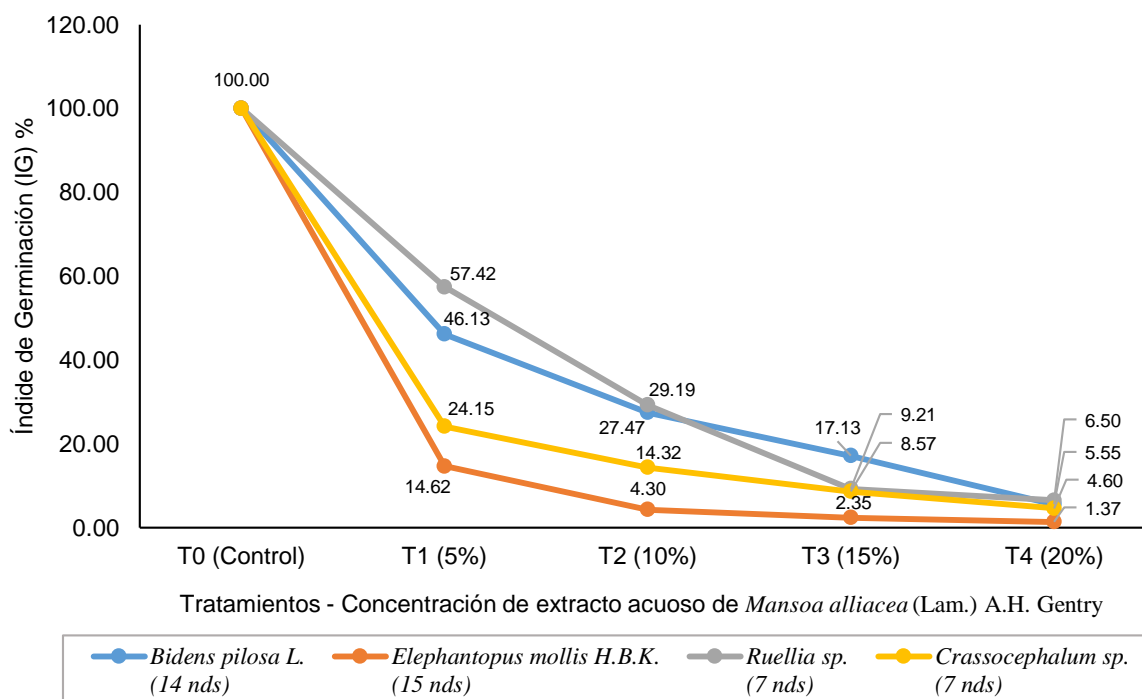


Figura 8. Tendencia para el Índice de Germinación(IG), según concentración de extracto acuoso foliar de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry en semillas de malezas aceptoras (sin sustrato).

nds: Número de días después de la siembra.

En la Figura 8, se aprecia que los índices de Germinación (IG) obtenidos son bajos, como resultado de la aplicación de extracto acuoso foliar de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry en semillas de las cuatro malezas aceptoras sin utilizar sustrato, evidencian la presencia de una tendencia o relación inversa entre la concentración del extracto acuoso y el valor del IG, siendo menor el IG cuanto mayor es la concentración. De acuerdo a Rodríguez (2014), corresponde al nivel de fitotoxicidad severa o alta (Cuadro 5) para todas las concentraciones de extracto acuoso de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry, en las especies de malezas *Bidens pilosa* L., *Elephantopus mollis* H.B.K., *Ruellia sp.* y *Crassocephalum sp.* (Figuras 9, 10, 11 y 12) excepto la concentración de 5% aplicado a *Ruellia sp.*, que tiene 57.42% de IG lo cual indica que a esa concentración tiene un nivel de fitotoxicidad moderada.



Figura 9. Efecto de la actividad alelopática de extracto acuoso foliar de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry sobre plántulas de *Bidens pilosa* L., a los 14 días después de la siembra (sin sustrato).



Figura 10. Efecto de la actividad alelopática de extracto acuoso foliar de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry sobre plántulas de *Elephantopus mollis* H.B.K., a los 15 días después de la siembra (sin sustrato).



Figura 11. Efecto de la actividad alelopática de extracto acuoso foliar de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry sobre plántulas de *Ruellia* sp., a los 7 días después de la siembra (sin sustrato).



Figura 12. Efecto de la actividad alelopática de extracto acuoso foliar de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry sobre plántulas de *Crassocephalum* sp., a los 7 días después de la siembra (sin sustrato).

4.4.2. Indicadores de actividad alelopática de extracto acuoso foliar de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry en condiciones de laboratorio (utilizando sustrato).

a. Germinación Relativa de Semillas (GRS %)

Cuadro 12. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el Porcentaje de Germinación Relativa (GRS), según concentración de extracto acuoso foliar de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry en semillas de malezas aceptoras, utilizando sustrato.

Tratamiento	<i>Bidens pilosa</i> L.	<i>Elephantopus</i> <i>mollis</i> H.B.K.	<i>Ruellia</i> sp.	<i>Crassocephalum</i> sp.
T ₀ (Control)	100.00 a	100.00 a	100.00 a	100.00 a
T ₁ (5%)	80.00 b	80.00 b	96.67 a	80.00 b
T ₂ (10%)	70.00 bc	63.33 c	86.67 a	66.67 bc
T ₃ (15%)	66.67 c	50.00 d	70.00 b	53.33 cd
T ₄ (20%)	60.00 c	36.67 e	60.00 b	43.33 d
CV (%)	9.07	8.75	8.83	11.28
p-valor	0.0003	<0.0001	0.0002	<0.0001
Sig.	S	S	S	S
nds	14	15	7	7

Medias de tratamientos agrupadas con la misma letra no son significativamente diferentes ($p > 0.05$); CV: Coeficiente de variabilidad; S: Significativa (p -valor < 0.05); nds: Número de días después de la siembra.

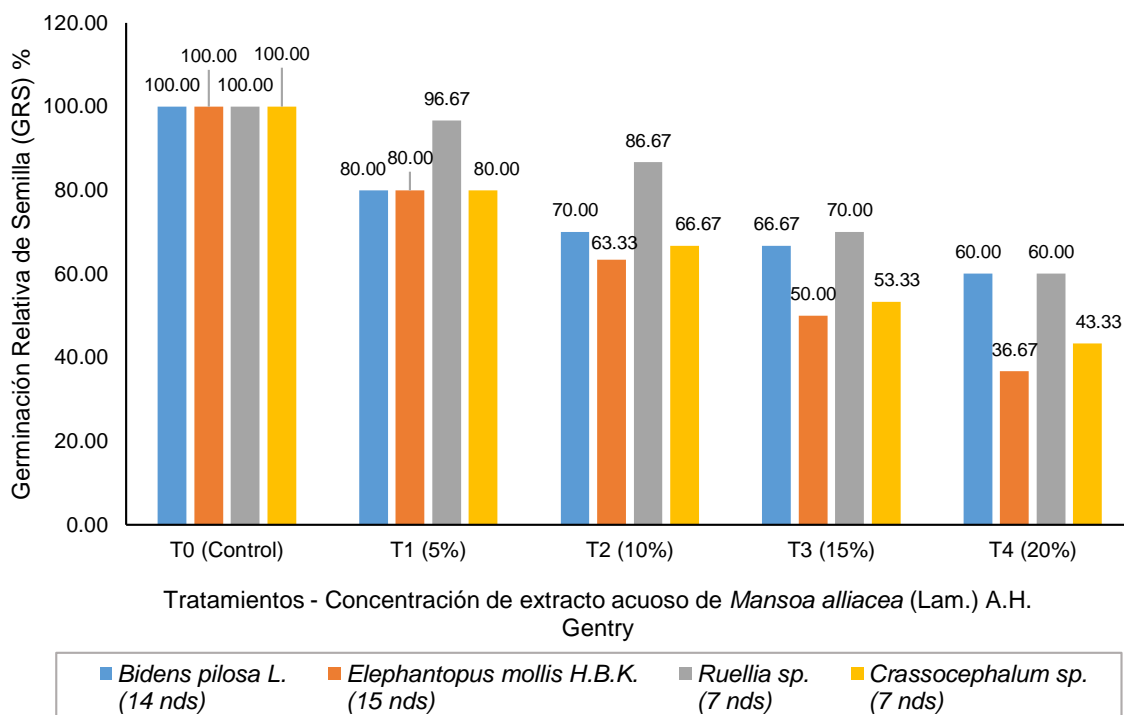


Figura 13. Germinación Relativa de la Semilla (GRS), según concentración de extracto acuoso foliar de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry en semillas de malezas aceptoras utilizando sustrato.

nds: Número de días después de la siembra.

En relación a la Germinación Relativa (GRS), según la concentración de extracto acuoso foliar de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry aplicado a las semillas de las cuatro malezas aceptoras en el bioensayo utilizando suelo agrícola como sustrato (Cuadro 12 y Figura 13), se detectaron diferencias significativas en cada una de las concentraciones utilizadas con referencia al testigo o control, pudiéndose observar que a la concentración de 5% las cuatro malezas presentan el GRS con un valor mayor o igual a 80%, indicando que tuvieron un alto porcentaje de germinación; en el caso particular de *Ruellia* sp. se aprecia que los tratamientos testigo o control y al 5% y 10% de concentración no se diferencian estadísticamente, es decir que se comportan de manera similar entre ellos.

b. Crecimiento Relativo de Radícula (CRR) %

Cuadro 13. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el Porcentaje de Crecimiento Relativo de Radícula (CRR), según concentración de extracto acuoso foliar de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry en semillas de malezas aceptoras utilizando sustrato.

Tratamiento	<i>Bidens pilosa</i> L.	<i>Elephantopus</i> <i>mollis</i> H.B.K.	<i>Ruellia</i> sp.	<i>Crassocephalum</i> sp.
T ₀ (Control)	100.00 a	100.00 a	100.00 a	100.00 a
T ₁ (5%)	92.21 b	46.97 b	95.60 a	54.65 b
T ₂ (10%)	80.56 c	29.96 c	75.23 b	38.81 c
T ₃ (15%)	42.31 d	15.30 d	50.06 c	26.69 d
T ₄ (20%)	24.19 e	8.57 e	34.15 c	20.94 d
CV (%)	4.85	5.69	13.99	9.65
p-valor	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Sig.	S	S	S	S
nds	14	15	7	7

Medias de tratamientos agrupadas con la misma letra no son significativamente diferentes ($p > 0.05$); CV: Coeficiente de variabilidad; S: Significativa (p -valor < 0.05); nds: Número de días después de la siembra.

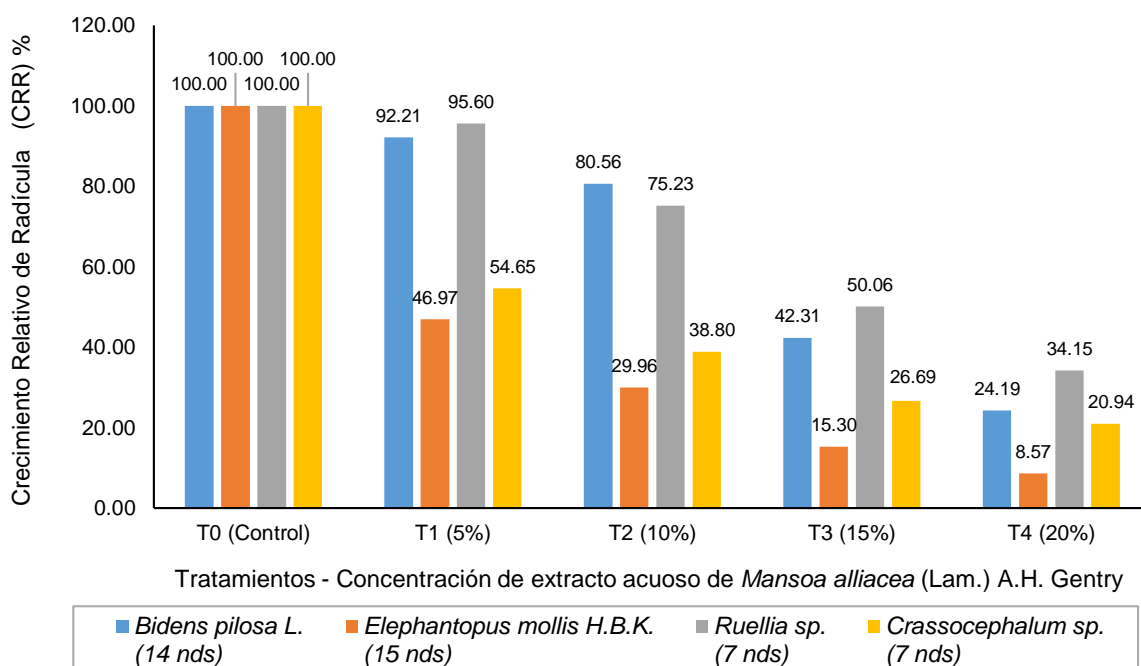


Figura 14. Crecimiento Relativo de Radícula (CRR), según concentración de extracto acuoso foliar de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry en semillas de malezas aceptoras utilizando sustrato.
nds: Número de días después de la siembra.

Según el Cuadro 13 y Figura 14, donde se aprecian los valores de Crecimiento Relativo de Radícula (CRR), de acuerdo a la concentración de extracto acuoso foliar de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry aplicado a las semillas de las cuatro malezas aceptoras en el bioensayo utilizando suelo agrícola como sustrato, se detectaron diferencias significativas en cada una de las concentraciones utilizadas con referencia al testigo o control, observándose que los valores de las elongaciones radiculares son mayores en cuanto la concentración es menor, reduciendo el CRR a concentraciones de 15% y 20% para *Bidens pilosa* L. y *Ruellia* sp. es considerablemente inferior en comparación al testigo o control, para el caso de *Elephantopus mollis* H.B.K. y *Crassocephalum* sp. la reducción del CRR es también considerable para todas las concentraciones.

c. Índice de Germinación (IG%)

Cuadro 14. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el Porcentaje de Índice de Germinación (IG), según concentración de extracto acuoso foliar de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry en semillas de malezas aceptoras utilizando sustrato.

Tratamiento	<i>Bidens pilosa</i> L.	<i>Elephantopus</i> <i>mollis</i> H.B.K.	<i>Ruellia</i> sp.	<i>Crassocephalum</i> sp.
T ₀ (Control)	100.00 a	100.00 a	100.00 a	100.00 a
T ₁ (5%)	73.93 b	37.42 b	92.32 a	43.72 b
T ₂ (10%)	56.40 c	18.95 c	64.73 b	25.77 c
T ₃ (15%)	28.31 d	7.65 d	35.63 c	14.02 d
T ₄ (20%)	14.84 e	3.13 e	20.98 c	9.21 d
CV (%)	10.91	5.73	13.27	9.35
p-valor	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Sig.	S	S	S	S
nds	14	15	7	7

Medias de tratamientos agrupadas con la misma letra no son significativamente diferentes ($p > 0.05$); CV: Coeficiente de variabilidad; S: Significativa (p -valor < 0.05); nds: Número de días después de la siembra.

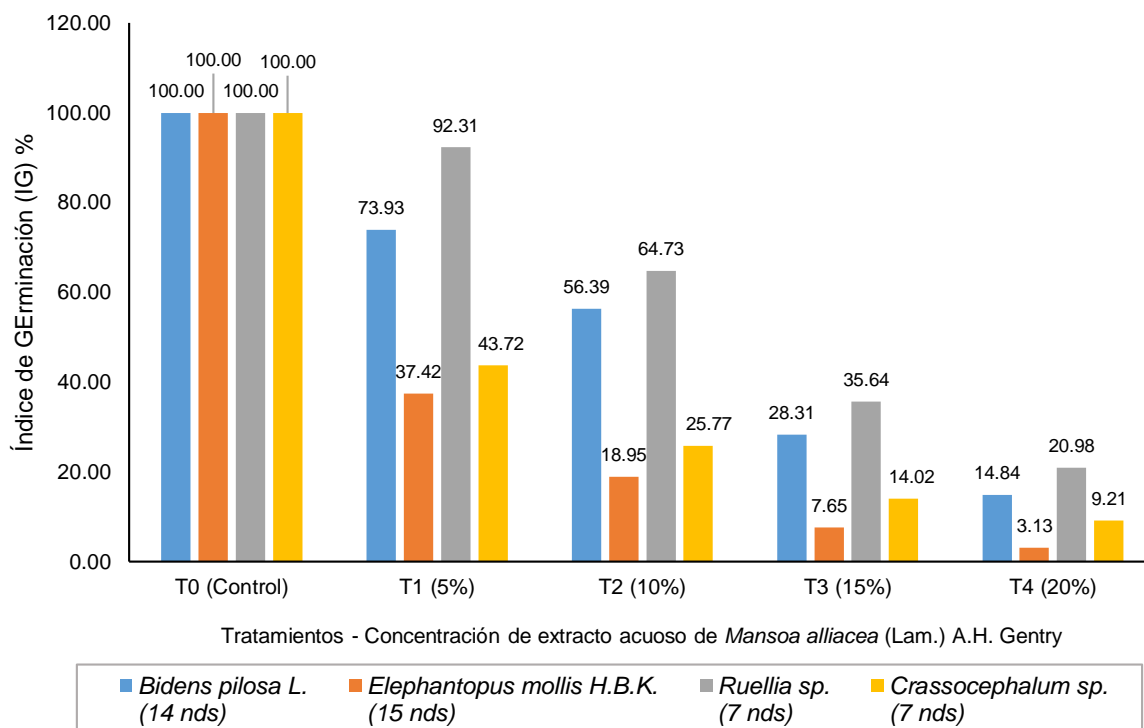


Figura 15. Índice de Germinación(IG), según concentración de extracto acuoso foliar de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry en semillas de malezas aceptoras utilizando sustrato.
nds: Número de días después de la siembra.

De acuerdo a los valores que se muestran en el Cuadro 14 y Figura 15 referidos al Índice de Germinación (IG), según la concentración de extracto acuoso foliar de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry aplicado a las semillas de las cuatro malezas aceptoras en el bioensayo utilizando suelo como sustrato, se evidencian diferencias significativas en cada una de las concentraciones utilizadas, encontrando que a una de concentración de 5% y el testigo o control para la maleza *Ruellia* sp., no son estadísticamente diferentes; para el caso de las concentraciones de 10%, 15% y 20% respectivamente, afectaron en mayor medida a las semillas y plántulas de las especies *Bidens pilosa* L., *Ruellia* sp. y *Crassocephalum* sp., observándose que *Elephantopus mollis* H.B.K. es el más afectado en todas las concentraciones.

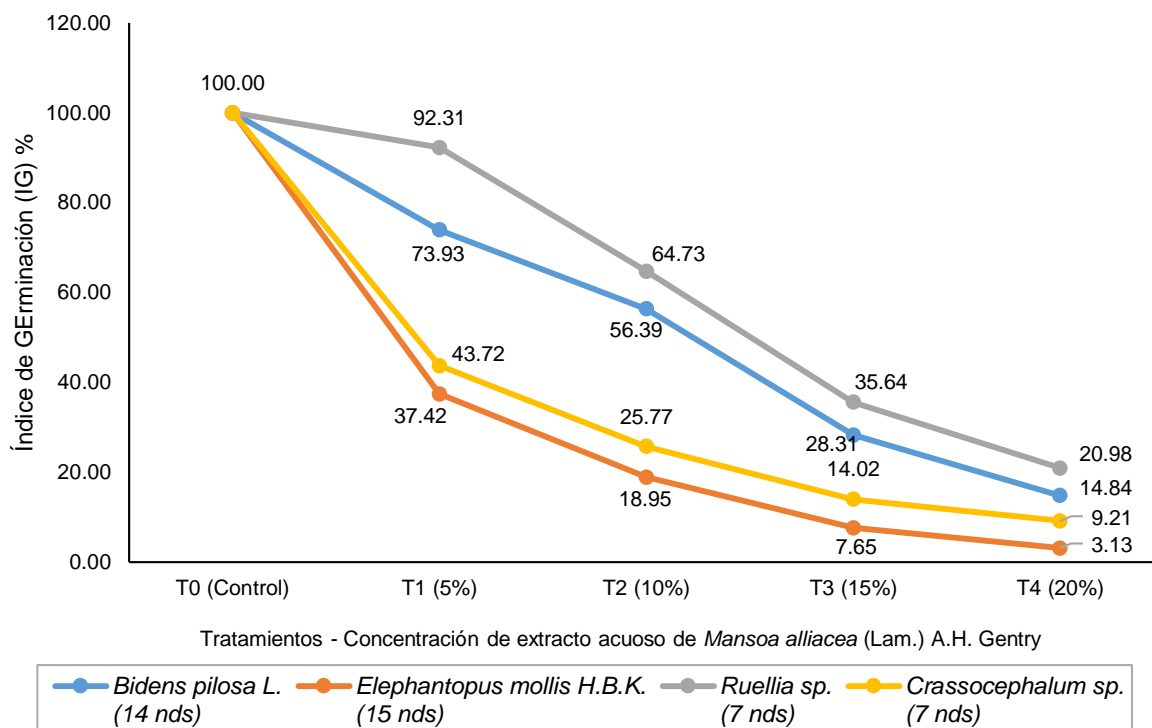


Figura 16. Tendencia para el Índice de Germinación (IG), según concentración de extracto acuoso foliar de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry en semillas de malezas aceptoras utilizando sustrato.

nds: Número de días después de la siembra.

Los Índices de Germinación (IG) que se muestran en la Figura 16, obtenidos como resultado de la relación de la Germinación Relativa de Semilla (GRS) y del Crecimiento Relativo de Radícula (CRR), al aplicar el extracto acuoso foliar de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry a las semillas de cuatro malezas aceptoras utilizando suelo como sustrato, evidencian la existencia de una tendencia o relación inversa entre la concentración del extracto acuoso y el valor del IG, siendo menor el IG cuanto mayor es la concentración. De acuerdo a RODRÍGUEZ (2014), corresponde el nivel de fitotoxicidad moderada (Cuadro 5) para las concentraciones de 5% y 10% aplicadas a *Bidens pilosa* L., para *Ruellia* sp. a una concentración de 5% determina un nivel de fitotoxicidad leve o baja, sin embargo, al 10% corresponde un nivel de fitotoxicidad moderada;

Elephantopus mollis y *Crassocephalum* sp. establecen un nivel de fitotoxicidad severa o alta para todas las concentraciones (Figuras 17, 18, 19 y 20).



Figura 17. Efecto de la actividad alelopática de extracto acuoso foliar de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry sobre plántulas de *Bidens pilosa* L., a los 14 días después de la siembra (con sustrato).



Figura 18. Efecto de la actividad alelopática de extracto acuoso foliar de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry sobre plántulas de *Elephantopus mollis* H.B.K., a los 15 días después de la siembra (con sustrato).

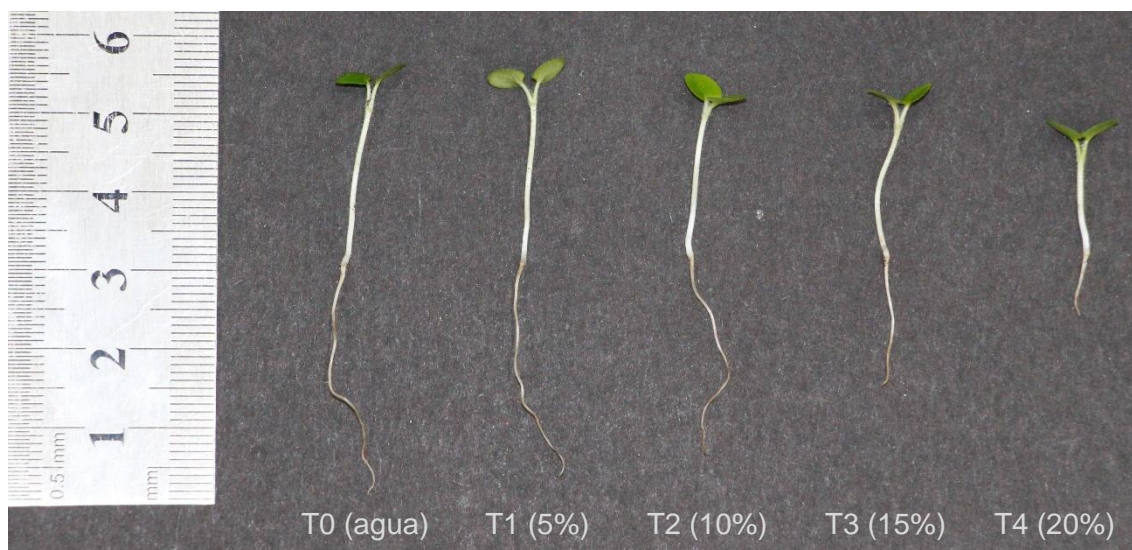


Figura 19. Efecto de la actividad alelopática de extracto acuoso foliar de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry sobre plántulas de *Ruellia sp.*, a los 7 días después de la siembra (con sustrato).



Figura 20. Efecto de la actividad alelopática de extracto acuoso foliar de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry sobre plántulas de *Crassocephalum sp.*, a los 7 días después de la siembra (con sustrato).

Los valores de Índice de Germinación (IG) obtenidos en los bioensayos realizados utilizando solamente extracto acuoso son menores a los valores de IG obtenidos cuando se aplican los extractos acuosos sobre suelo

como sustrato, esto se debería a que existen condiciones favorables en el suelo, como presencia de nutrientes y por la dispersión del extracto en el suelo, ocurriendo lo contrario en el bioensayo sin sustrato en el cual las semillas están expuestas directamente al extracto; en ambos casos existe una relación inversa entre el valor de IG, la concentración del extracto acuoso y el nivel de fitotoxicidad, correspondiendo un menor valor de IG cuanto mayor es la concentración y por tanto un nivel de fitotoxicidad superior.

La afectación que produce el extracto acuoso foliar sobre las cuatro malezas aceptoras demuestran que existe interacción de los factores o metabolitos secundarios presentes en *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry que promueven o inhiben la germinación y la elongación de la radícula (RODRÍGUEZ, 2014).

De acuerdo a VARNERO *et al.* (2006), que *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry tiene un potencial alelopático activo, puesto que presenta efecto inhibitor negativo, afectando directamente a la germinación y a la elongación de la radícula de las especies de malezas estudiadas, siendo por tanto un agente herbicida potencial.

4.5. Indicadores de actividad alelopática de extracto acuoso foliar de *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg.

4.5.1. Indicadores de actividad alelopática de extracto acuoso foliar de *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg. en condiciones de laboratorio (sin sustrato)

a. Germinación Relativa de Semillas (GRS)%

Cuadro 15. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el Porcentaje de Germinación Relativa (GRS), según concentración de extracto acuoso foliar de *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg. en semillas de malezas aceptoras (sin sustrato).

Tratamiento	<i>Bidens pilosa</i> L.	<i>Elephantopus</i> <i>mollis</i> H.B.K.	<i>Ruellia</i> sp.	<i>Crassocephalum</i> sp.
T ₀ (Control)	100.00 a	100.00 a	100.00 a	100.00 a
T ₁ (5%)	76.67 b	70.00 b	100.00 a	86.67 a
T ₂ (10%)	63.33 bc	56.67 c	90.00 b	63.33 b
T ₃ (15%)	60.00 c	43.33 d	76.67 c	56.67 bc
T ₄ (20%)	43.33 d	33.33 d	66.67 d	40.00 c
CV (%)	11.28	10.43	4.21	14.42
p-valor	0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0002
Sig.	S	S	S	S
nds	14	15	7	7

Medias de tratamientos agrupadas con la misma letra no son significativamente diferentes ($p > 0.05$); CV: Coeficiente de variabilidad; S: Significativa (p -valor < 0.05); nds: Número de días después de la siembra.

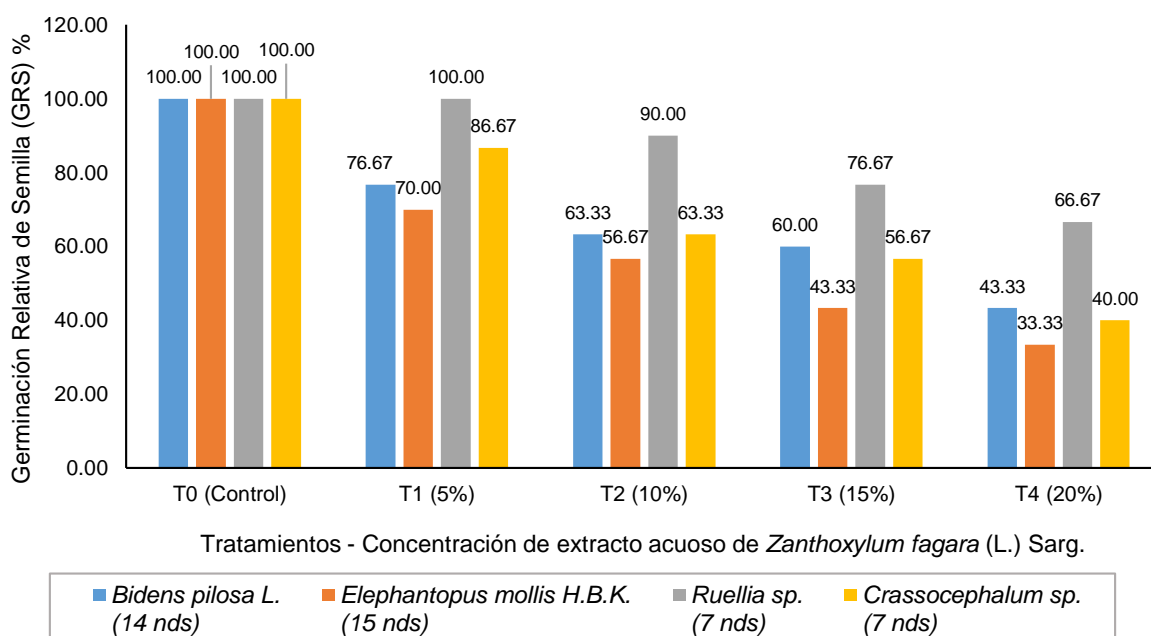


Figura 21. Germinación Relativa de la Semilla (GRS), según concentración de extracto acuoso foliar de *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg. en semillas de malezas aceptoras (sin sustrato).

(nds): Número de días después de la siembra.

En el Cuadro 15 y en la Figura 21, se aprecian los valores de la Germinación Relativa de Semillas (GRS), según la concentración de extracto acuoso foliar de *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg. aplicado a las semillas de las cuatro malezas aceptoras en el bioensayo sin la utilización de sustrato, observándose diferencias significativas entre los tratamientos o concentraciones utilizados; a una concentración de 5% de extracto acuoso foliar, la especie *Ruellia sp.* no se diferencian estadísticamente con el testigo o control y la especie *Elephantopus mollis* H.B.K. presenta el menor valor de GRS con un 33.33%.

b. Crecimiento Relativo de Radícula (CRR)%

Cuadro 16. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el Porcentaje de Crecimiento Relativo de Radícula (CRR), según concentración de extracto acuoso foliar de *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg. en semillas de malezas aceptoras (sin sustrato).

Tratamiento	<i>Bidens pilosa</i> L.	<i>Elephantopus mollis</i> H.B.K.	<i>Ruellia sp.</i>	<i>Crassocephalum sp.</i>
T ₀ (Control)	100.00 a	100.00 a	100.00 a	100.00 a
T ₁ (5%)	64.45 b	53.72 b	84.27 b	50.20 b
T ₂ (10%)	54.64 b	45.00 c	66.53 c	41.96 b
T ₃ (15%)	38.88 c	33.77 d	33.11 d	22.37 c
T ₄ (20%)	33.47 c	24.82 e	17.69 e	19.38 c
CV (%)	13.59	7.39	3.50	15.03
p-valor	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Sig.	S	S	S	S
nds	14	15	7	7

Medias de tratamientos agrupadas con la misma letra no son significativamente diferentes ($p > 0.05$); CV: Coeficiente de variabilidad; S: Significativa (p -valor < 0.05); nds: Número de días después de la siembra.

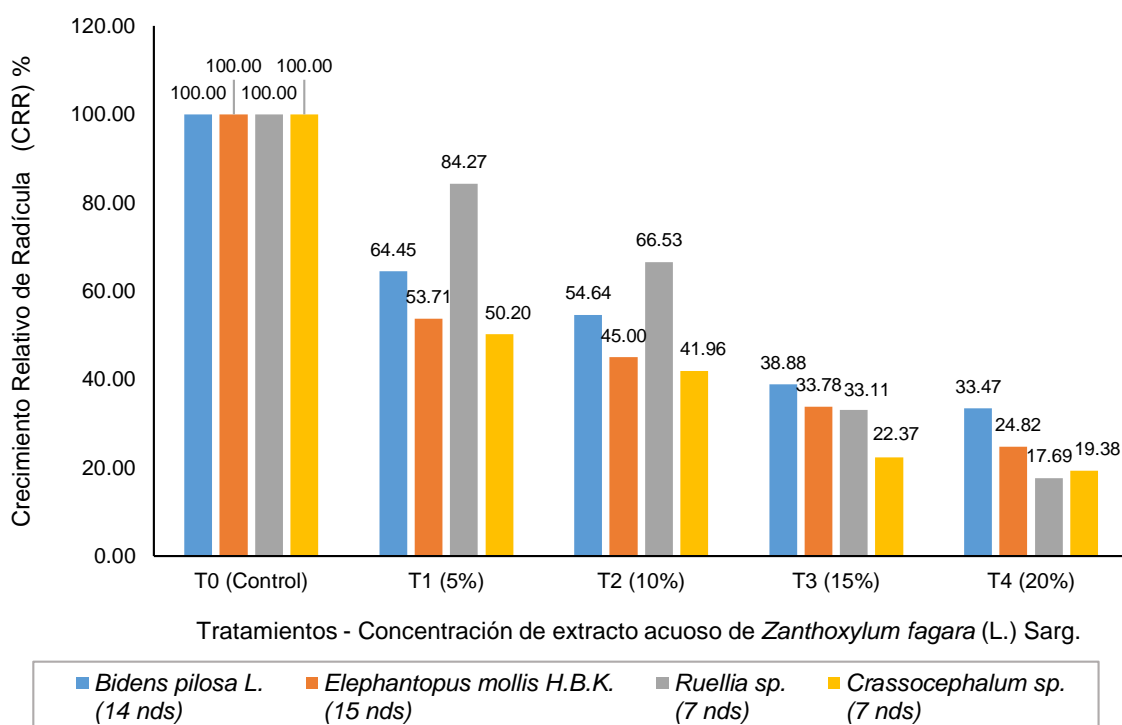


Figura 22. Crecimiento Relativo de Radícula (CRR), según concentración de extracto acuoso foliar de *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg. en semillas de malezas aceptoras (sin sustrato).

nds: Número de días después de la siembra.

En relación al Crecimiento Relativo de la Radícula (CRR), según la concentración de extracto acuoso foliar de *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg. aplicado a las semillas de las cuatro malezas aceptoras en el bioensayo sin sustrato (Cuadro 16 y Figura 22), se encontraron diferencias significativas entre tratamientos o concentraciones, observándose que todas las concentraciones (5%, 10%, 15% y 20%) afectan al CRR de las semillas de todas las malezas con referencia al testigo o control; para el caso particular de *Ruellia* sp. a una concentración de 5%, se observa un alto valor de CRR que indica que la elongación de la radícula no se ve muy afectada.

d. Índice de Germinación (IG%)

Cuadro 17. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el Porcentaje de Índice de Germinación (IG), según concentración de extracto acuoso foliar de *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg en semillas de malezas aceptoras (sin sustrato).

Tratamiento	<i>Bidens pilosa</i> L.	<i>Elephantopus</i> <i>mollis</i> H.B.K.	<i>Ruellia</i> sp.	<i>Crassocephalum</i> sp.
T ₀ (Control)	100.00 a	100.00 a	100.00 a	100.00 a
T ₁ (5%)	49.48 b	37.40 b	84.27 b	43.85 b
T ₂ (10%)	33.48 c	25.49 c	59.88 c	27.02 c
T ₃ (15%)	23.37 d	14.60 d	25.42 d	13.35 d
T ₄ (20%)	14.65 e	8.32 e	11.81 e	7.79 d
CV (%)	10.36	7.66	3.90	18.71
p-valor	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Sig.	S	S	S	S
nds	14	15	7	7

Medias de tratamientos agrupadas con la misma letra no son significativamente diferentes ($p > 0.05$); CV: Coeficiente de variabilidad; S: Significativa (p -valor < 0.05); nds: Número de días después de la siembra.

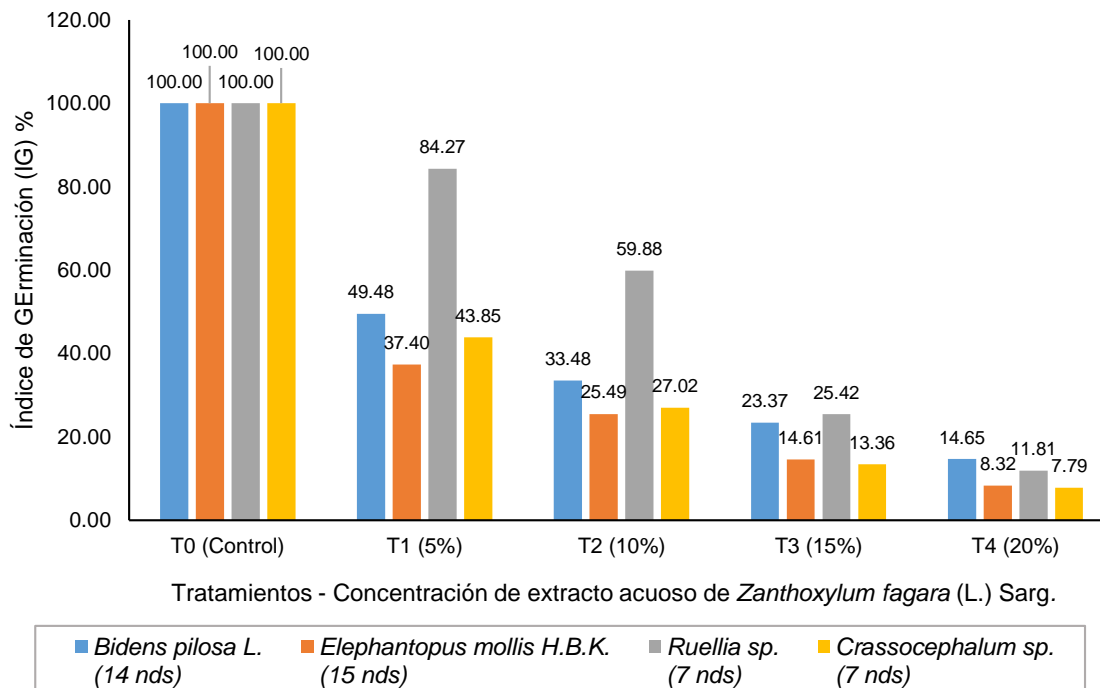


Figura 23. Índice de Germinación(IG), según concentración de extracto acuoso foliar de *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg. en semillas de malezas aceptoras (sin sustrato). nds: Número de días después de la siembra.

De acuerdo a los valores que se muestran en el Cuadro 17 y en la Figura 23 referidos al Índice de Germinación (IG), según la concentración de extracto acuoso foliar de *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg. aplicado a las semillas de las cuatro malezas aceptoras en el bioensayo sin la utilización de sustrato, se evidencian la existencia de diferencias significativas entre tratamientos en cada una de las malezas aceptoras, la especie *Ruellia sp.* presenta el mayor IG (84.27%) a una concentración de 5% de extracto acuoso foliar, en todas las demás concentraciones se aprecia bajos índices de germinación lo cual evidencia la afectación que tiene este extracto sobre la germinación y la elongación de las radículas.

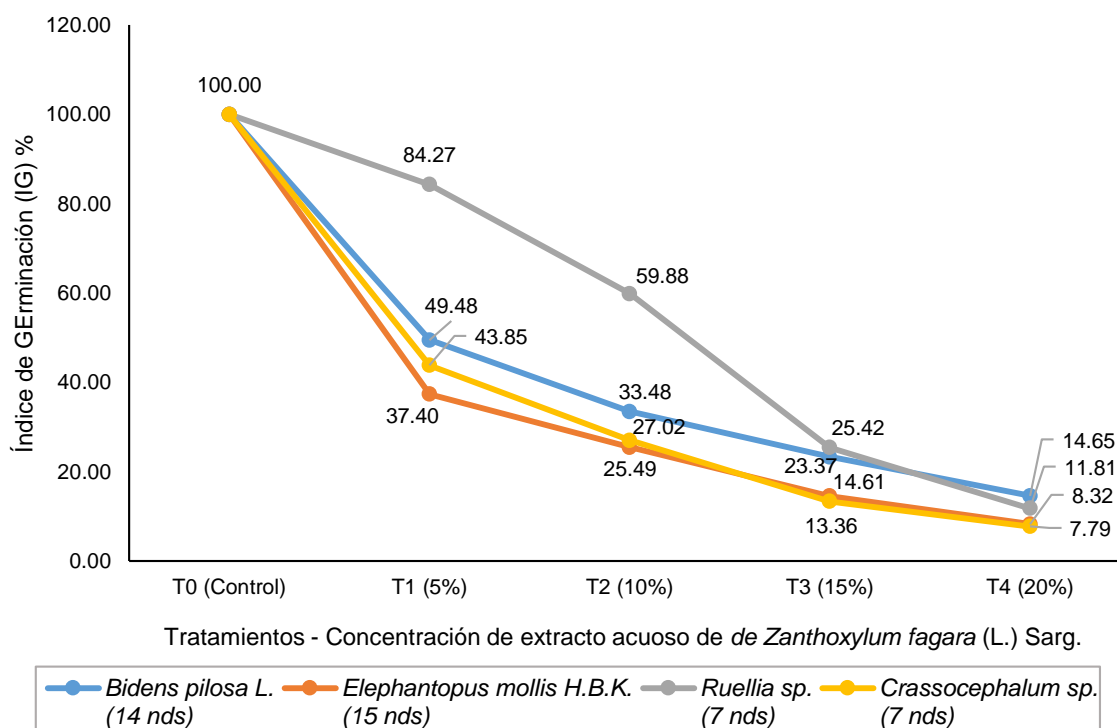


Figura 24. Tendencia para el Índice de Germinación(IG), según concentración de extracto acuoso foliar de *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg. en semillas de malezas aceptoras (sin sustrato).
(nds): Número de días después de la siembra.

Los Índices de Germinación (IG) que se muestran en la Figura 24, obtenidos como resultado de la relación de la Germinación Relativa de Semilla (GRS) y del Crecimiento Relativo de Radícula (CRR), al aplicar el extracto acuoso foliar de *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg. a las semillas de las cuatro malezas aceptoras sin la utilización de sustrato, evidencian también la existencia de una tendencia o relación inversa entre la concentración del extracto acuoso y el valor del IG, siendo menor el IG cuanto mayor es la concentración. De acuerdo a RODRÍGUEZ (2014), corresponde por tanto el nivel de fitotoxicidad leve o baja (Cuadro 5) para la concentración de 5% aplicada a *Ruellia sp.*, sin embargo, al 10% le corresponde un nivel de fitotoxicidad moderada; en las demás especies aceptoras se verifica un nivel de fitotoxicidad severa o alta para todas las concentraciones (Figuras 25, 26, 27 y 28).

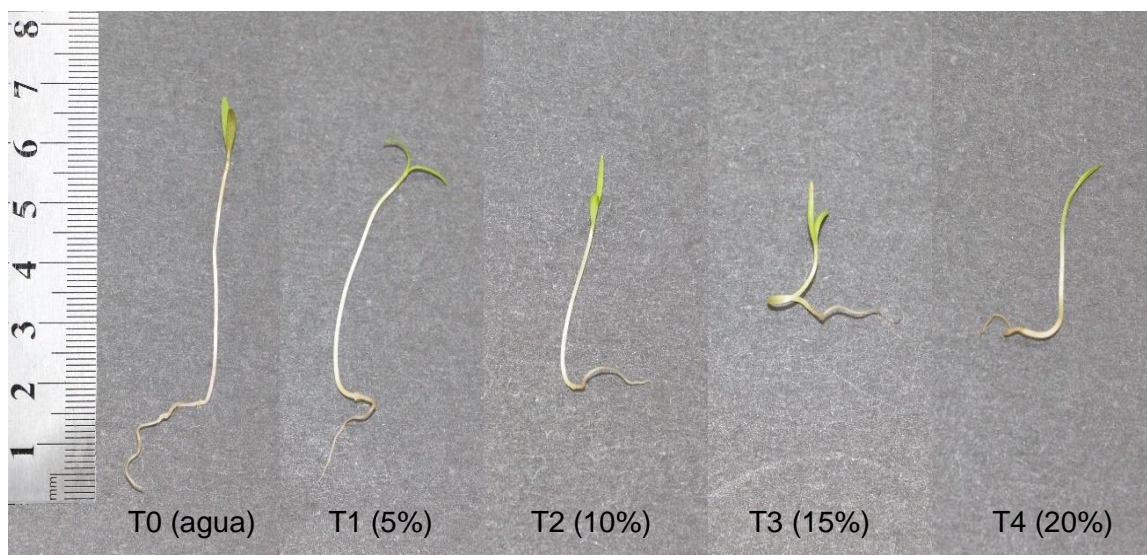


Figura 25. Efecto de la actividad alelopática de extracto acuoso foliar de *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg. sobre plántulas de *Bidens pilosa* L., a los 14 días después de la siembra (sin sustrato).

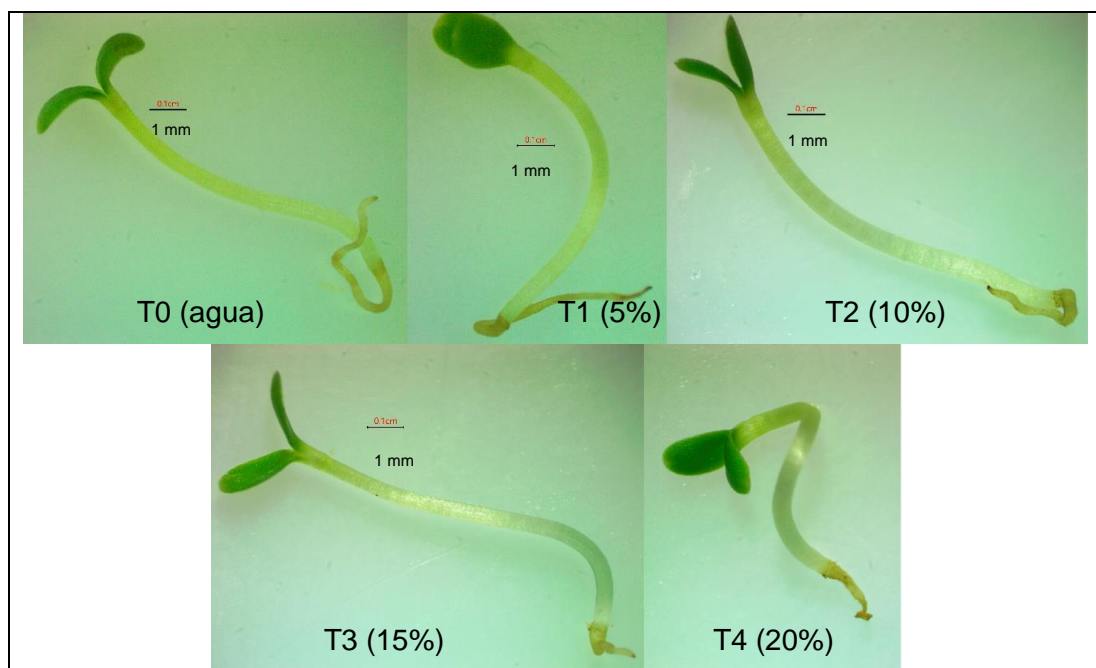


Figura 26. Efecto de la actividad alelopática de extracto acuoso foliar de *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg. sobre plántulas de *Elephantopus mollis* H.B.K., a los 15 días después de la siembra (sin sustrato).

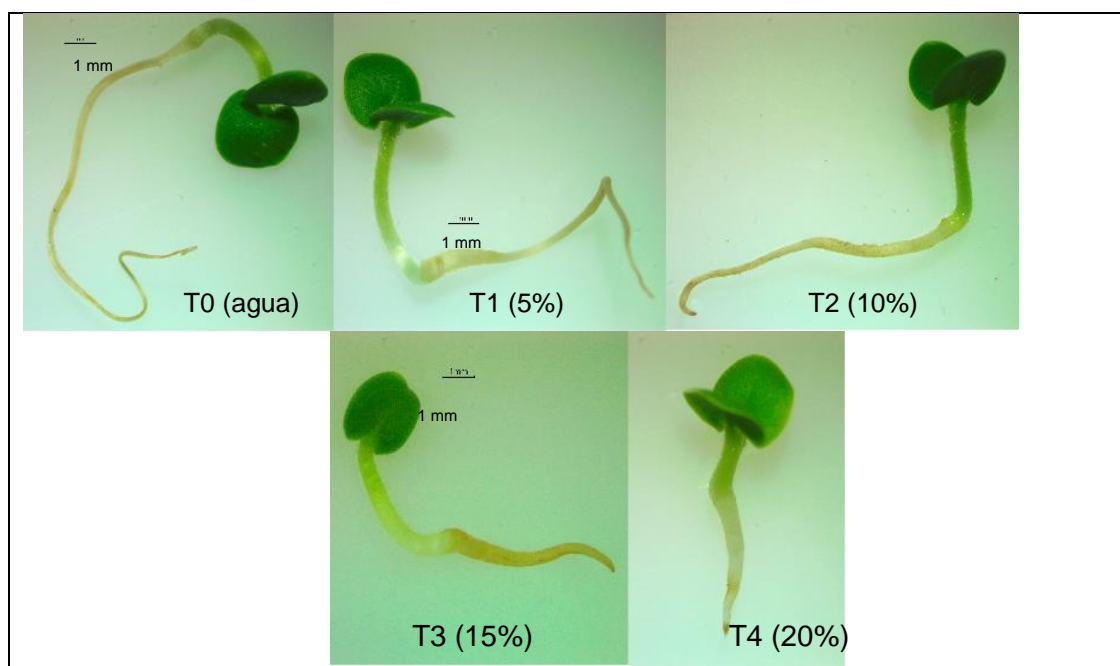


Figura 27. Efecto de la actividad alelopática de extracto acuoso foliar de *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg. sobre plántulas de *Ruellia* sp., a los 7 días después de la siembra (sin sustrato).



Figura 28. Efecto de la actividad alelopática de extracto acuoso foliar de *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg. sobre plántulas de *Crassocephalum* sp., a los 7 días después de la siembra (sin sustrato).

4.5.2. Indicadores de actividad alelopática de extracto acuoso foliar de *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg. en condiciones de laboratorio (utilizando sustrato).

a. Germinación Relativa de Semillas (GRS%)

Cuadro 18. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el Porcentaje de Germinación Relativa (GRS), según concentración de extracto acuoso foliar de *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg. en semillas de malezas aceptoras (utilizando sustrato).

Tratamiento	<i>Bidens pilosa</i> L.		<i>Elephantopus mollis</i> H.B.K.		<i>Ruellia</i> sp.		<i>Crassocephalum</i> sp.	
T ₀ (Control)	100.00	a	100.00	a	100.00	a	100.00	a
T ₁ (5%)	83.33	b	73.33	b	100.00	a	90.00	a
T ₂ (10%)	76.67	b	66.67	bc	100.00	a	73.33	b
T ₃ (15%)	63.33	c	56.67	cd	96.67	a	63.33	bc
T ₄ (20%)	56.67	c	50.00	d	86.67	b	50.00	c
CV (%)	6.79		9.12		3.78		11.37	
p-valor	<0.0001		<0.0001		0.0046		0.0002	
Sig.	S		S		S		S	
nds	14		15		7		7	

Medias de tratamientos agrupadas con la misma letra no son significativamente diferentes ($p > 0.05$); CV: Coeficiente de variabilidad; S: Significativa (p -valor < 0.05); nds: Número de días después de la siembra.

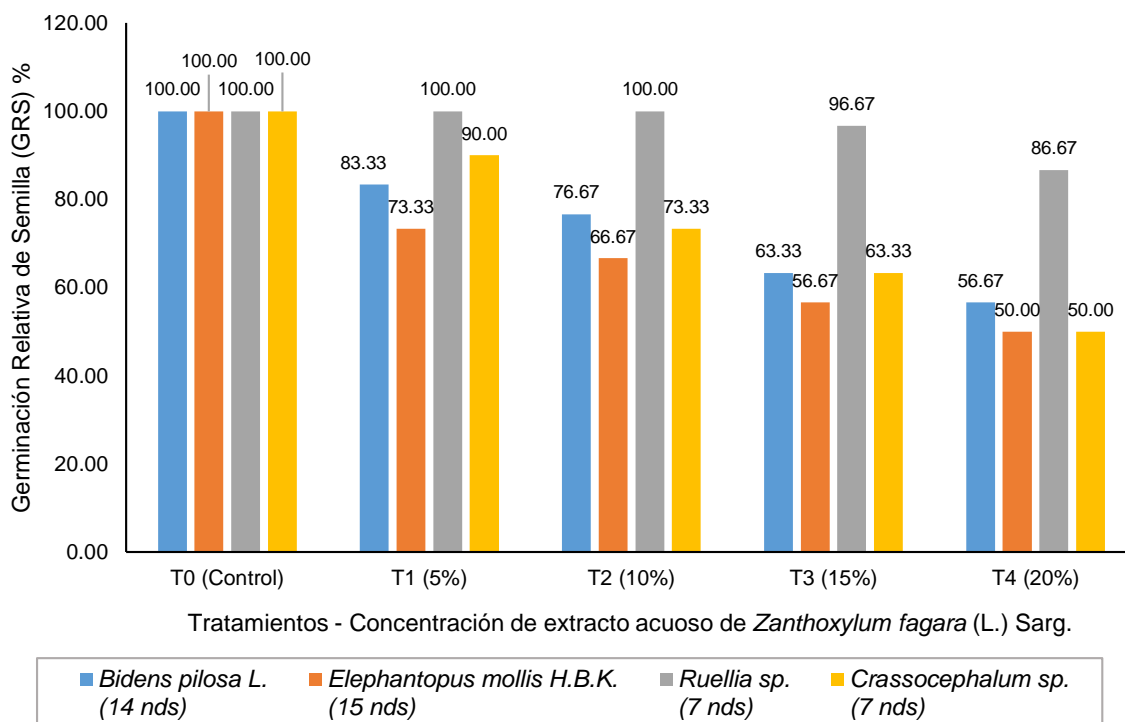


Figura 29. Germinación Relativa de la Semilla (GRS), según concentración de extracto acuoso foliar de *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg. en semillas de malezas aceptoras utilizando sustrato. nds: Número de días después de la siembra.

En el Cuadro 18 y en la Figura 29, se aprecian los valores de la Germinación Relativa (GRS), según la concentración de extracto acuoso foliar de *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg. aplicado a las semillas de las cuatro malezas aceptoras en el bioensayo utilizando suelo agrícola como sustrato, observándose diferencias significativas entre los tratamientos o concentraciones utilizados; el testigo o control y los tratamientos de 5%, 10% y 15% de extracto acuoso foliar para el caso de *Ruellia* sp. no se diferencian estadísticamente siendo los que presentan los mayores valores de GRS, y las especies *Elephantopus mollis* H.B.K. y *Crassocephalum* sp. presentan los valores más bajos de GRS con un 50%.

b. Crecimiento Relativo de Radícula (CRR)%

Cuadro 19. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el Porcentaje de Crecimiento Relativo de Radícula (CRR), según concentración de extracto acuoso foliar de *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg. en semillas de malezas aceptoras (utilizando sustrato).

Tratamiento	<i>Bidens pilosa</i> L.	<i>Elephantopus mollis</i> H.B.K.	<i>Ruellia sp.</i>	<i>Crassocephalum</i> sp.
T ₀ (Control)	100.00 a	100.00 a	100.00 a	100.00 a
T ₁ (5%)	92.91 ab	79.03 b	99.07 a	77.23 b
T ₂ (10%)	82.21 b	54.61 c	88.58 a	55.59 c
T ₃ (15%)	61.23 c	38.37 d	78.50 ab	40.74 cd
T ₄ (20%)	38.04 d	22.17 e	58.42 b	27.65 d
CV (%)	10.68	8.43	13.28	15.25
p-valor	<0.0001	<0.0001	0.0059	<0.0001
Sig.	S	S	S	S
nds	14	15	7	7

Medias de tratamientos agrupadas con la misma letra no son significativamente diferentes ($p > 0.05$); CV: Coeficiente de variabilidad; S: Significativa (p -valor < 0.05); nds: Número de días después de la siembra.

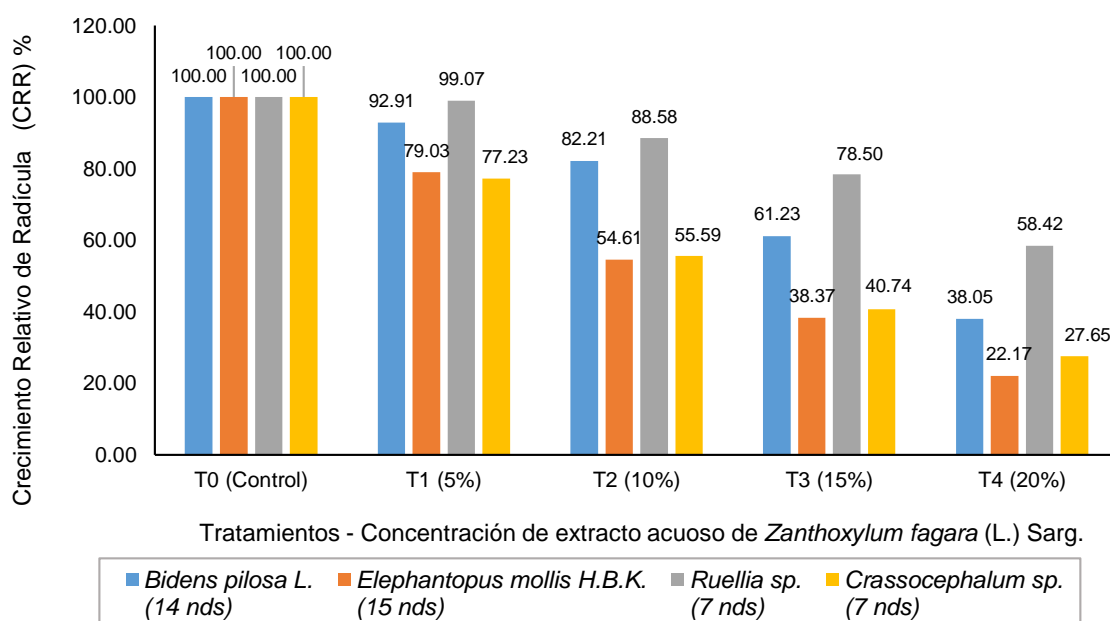


Figura 30. Crecimiento Relativo de Radícula (CRR), según concentración de extracto acuoso foliar de *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg. en semillas de malezas aceptoras utilizando sustrato.

nds: Número de días después de la siembra.

Con respecto al Crecimiento Relativo de Radícula (CRR) según la concentración de extracto acuoso foliar de *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg. aplicado a las semillas de las cuatro malezas aceptoras en el bioensayo utilizando suelo agrícola como sustrato (Cuadro 19 y Figura 30), se observa que existen diferencias significativas entre los tratamientos o concentraciones utilizados, apreciándose en la especie *Ruellia sp.* que el testigo o control y las concentraciones de 5% y 10% no presentan diferencias estadísticas siendo similares para la elongación radicular, asimismo se observa que a mayor concentración de extracto acuoso el CRR disminuye en valor, lo cual indica mayor fitotoxicidad.

c. Índice de Germinación (IG%)

Cuadro 20. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el Porcentaje de Índice de Germinación (IG), según concentración de extracto acuoso foliar de *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg en semillas de malezas aceptoras (utilizando sustrato).

Tratamiento	<i>Bidens pilosa</i> L.		<i>Elephantopus mollis</i> H.B.K.		<i>Ruellia sp.</i>		<i>Crassocephalum sp.</i>	
T ₀ (Control)	100.00	a	100.00	a	100.00	a	100.00	a
T ₁ (5%)	77.78	b	57.75	b	99.07	a	68.25	b
T ₂ (10%)	62.90	c	36.45	c	88.58	ab	40.53	c
T ₃ (15%)	38.74	d	21.64	d	76.24	b	25.66	d
T ₄ (20%)	21.32	e	10.98	e	50.61	c	13.95	e
CV (%)	13.02		7.55		14.45		10.23	
p-valor	<0.0001		<0.0001		0.0027		<0.0001	
Sig.	S		S		S		S	
nds	14		15		7		7	

Medias de tratamientos agrupadas con la misma letra no son significativamente diferentes ($p > 0.05$); CV: Coeficiente de variabilidad; S: Significativa (p -valor < 0.05); nds: Número de días después de la siembra.

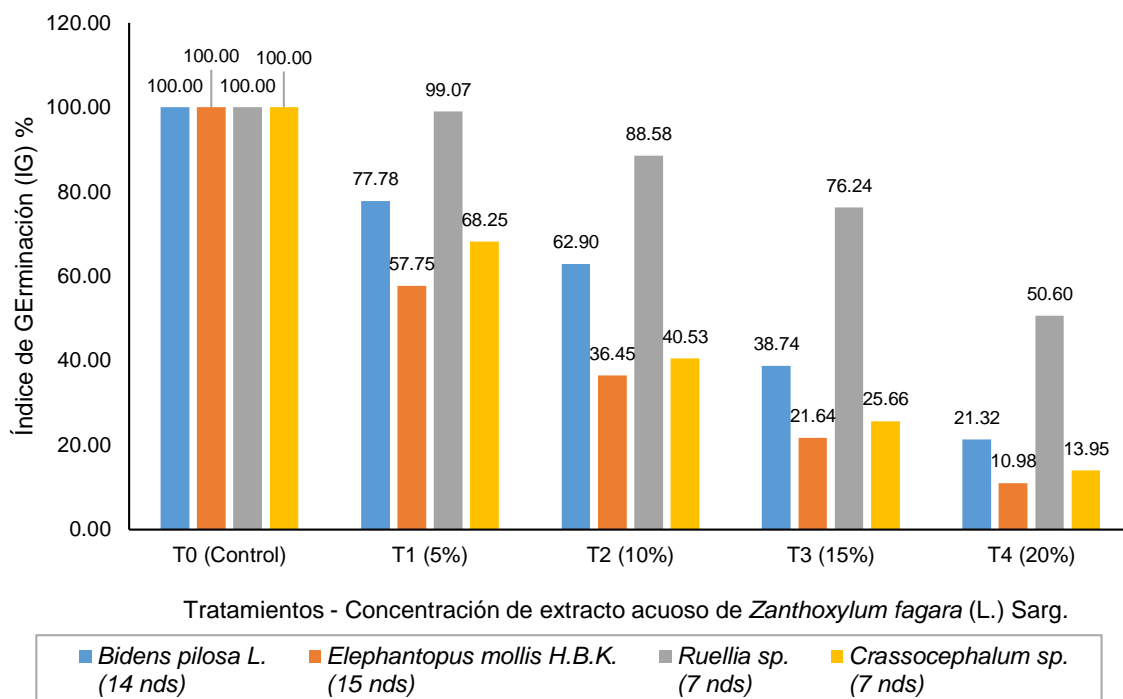


Figura 31. Índice de Germinación(IG), según concentración de extracto acuoso foliar de *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg. en semillas de malezas aceptoras utilizando sustrato.
nds: Número de días después de la siembra.

De acuerdo a los valores que se muestran en el Cuadro 20 y en la Figura 31 referidos al Índice de Germinación (IG), según la concentración de extracto acuoso foliar de *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg. aplicado a las semillas de las cuatro malezas aceptoras en el bioensayo utilizando suelo agrícola como sustrato, se observa la existencia de diferencias significativas entre tratamientos en cada una de las malezas aceptoras, la especie *Ruellia* sp. presenta el mayor IG (99.07%) a una concentración de 5% de extracto acuoso foliar, en todas las demás concentraciones se aprecia bajos índices de germinación, *Elephantopus mollis* H.B.K. tiene el IG más bajo (10.98%) seguido de *Crassocephalum* sp (10.23%), lo cual evidencia la afectación que tiene este extracto sobre la germinación y la elongación de las radículas.

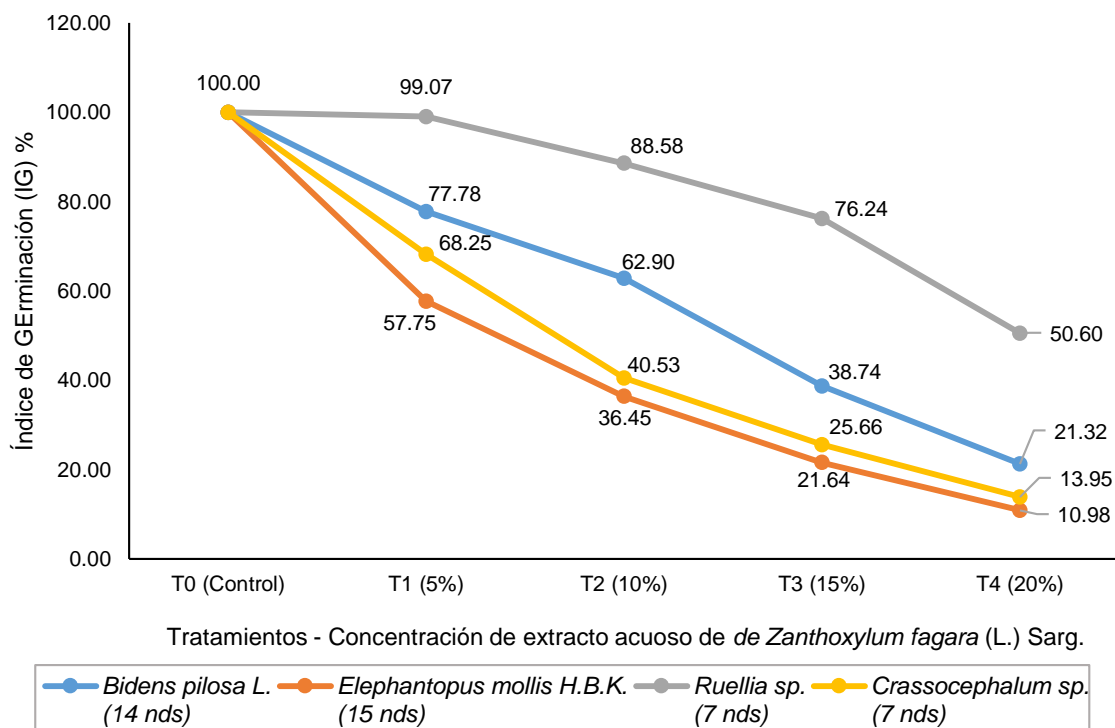


Figura 32. Tendencia para el Índice de Germinación (IG), según concentración de extracto acuoso foliar de *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg. en semillas de malezas aceptoras utilizando sustrato. nds: Número de días después de la siembra.

En la figura 32 se muestran los Índices de Germinación (IG) obtenidos como resultado de la relación de la Germinación Relativa de Semilla (GRS) y del Crecimiento Relativo de Radícula (CRR), al aplicar el extracto acuoso foliar de *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg. a las semillas de las cuatro malezas aceptoras utilizando suelo agrícola como sustrato, evidencian también la existencia de una tendencia o relación inversa entre la concentración del extracto acuoso y el valor del IG, es decir a mayor concentración de extracto acuoso foliar se observa menor valor del IG. De acuerdo a RODRÍGUEZ (2014), corresponde por tanto el nivel de fitotoxicidad leve o baja (Cuadro 5) para las concentraciones de 5% y 10% aplicada a *Ruellia* sp.; en *Bidens pilosa* L. se

observa un nivel de fitotoxicidad moderada a una concentración de 5% y 10%, similar nivel presenta *Elephantopus mollis* H.B.K. y *Crassocephalum* sp. a 5% de concentración, a concentraciones de 15% y 20% presentan un nivel de fitotoxicidad severa o alta (Figuras 33, 34, 35 y 36).



Figura 33. Efecto de la actividad alelopática de extracto acuoso foliar de *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg. sobre plántulas de *Bidens pilosa* L., a los 14 días después de la siembra (con sustrato).



Figura 34. Efecto de la actividad alelopática de extracto acuoso foliar de *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg. sobre plántulas de *Elephantopus mollis* H.B.K., a los 15 días después de la siembra (con sustrato).

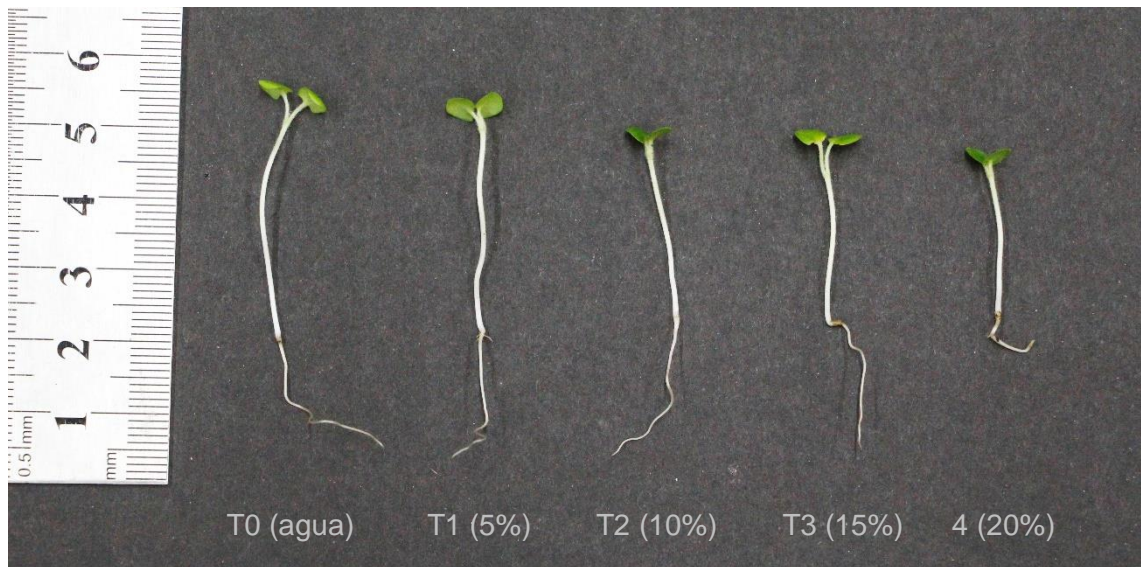


Figura 35. Efecto de la actividad alelopática de extracto acuoso foliar de *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg. sobre plántulas de *Ruellia sp.*, a los 7 días después de la siembra (con sustrato).



Figura 36. Efecto de la actividad alelopática de extracto acuoso foliar de *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg. sobre plántulas de *Crassocephalum sp.*, a los 7 días después de la siembra (con sustrato).

Al utilizar el extracto acuoso foliar de *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg., los valores de Índice de Germinación (IG) obtenidos en los bioensayos realizados utilizando solamente extracto acuoso sin sustrato son menores a los valores de IG obtenidos cuando se aplican los extractos acuosos sobre suelo como sustrato; al igual que el caso de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry, se debería a que existen condiciones favorables en el suelo, como presencia de nutrientes y por la dispersión del extracto en el suelo, las semillas no están en permanente contacto con el extracto, ocurriendo lo contrario en el bioensayo sin sustrato en el cual las semillas están expuestas directamente al extracto; en ambos casos existe también, una relación inversa entre el valor de IG, la concentración del extracto acuoso y el nivel de fitotoxicidad, correspondiendo un menor valor de IG cuanto mayor es la concentración y por tanto un nivel de fitotoxicidad superior.

La afectación que produce el extracto acuoso foliar sobre las cuatro malezas aceptoras demuestran que existe interacción de los factores o metabolitos secundarios presentes en *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg. también que promueven o inhiben la germinación y la elongación de la radícula (RODRÍGUEZ, 2014).

De acuerdo a VARNERO *et al.* (2006), que *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg. demuestra también que tiene un potencial alelopático activo, puesto que presenta efecto inhibitor negativo, afectando directamente a la germinación y a la elongación de la radícula de las especies de malezas estudiadas, siendo por tanto un agente herbicida potencial.

4.6. Análisis de la fitotoxicidad de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry y *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg sobre las semillas de las malezas aceptoras evaluadas

Aunque cada bioensayo fue realizado de forma independiente es decir aplicando el extracto acuoso foliar de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry y *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg. a las semillas de *Bidens pilosa* L., *Elephantopus mollis* H.B.K., *Ruellia sp.* y *Crassocephalum sp.* sin utilizar sustrato y utilizando suelo como sustrato, los resultados fueron analizados de forma conjunta, considerando los indicadores Germinación Relativa de Semillas (GRS), Crecimiento Relativo de Radícula (CRR) e Índice de Germinación (IG), que fueron contemplados para evaluar el potencial alelopático de cada especie y que ya se analizó en los párrafos previos.

Los resultados muestran que las cuatro malezas aceptoras, tuvieron sensibilidad alelopática diferencial frente a las concentraciones de los extractos acuosos evaluados, donde en todas ejercieron efecto inhibitor en los diferentes niveles mostrados, con grados de afectación determinado, si se compara con el testigo o control; esta actividad alelopática observada se explica en parte debido a la sensibilidad diferencial de las malezas a los aleloquímicos de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry y *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg., según lo afirmado por VINÉ (2013) esto está relacionado a variados factores apoyados en una interacción fundamentalmente de tipo enzimático y bioquímico de los extractos de las especies vegetales alelopáticas.

Esto es corroborado por Patel *et al.* (2013), citado por SANGAMA & NEVES (2013) quienes indican que en *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry se

encuentra la presencia de aleloquímicos como alcaloides, taninos, fenoles, flavonoides, glicósidos cianogénicos y esteroides, lignina, quinona, *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry, así como compuestos azufrados como la aliina y alicina. ZOGHBI et al. (2009), reporta que también contiene el compuesto químico conocida como naftaquinona citóxica. Diéguez et al. (2004) citado por GUERRERO (2020), refiere que *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg., presenta gran variedad de metabolitos secundarios, siendo los alcaloides los que tienen mayor presencia, conteniendo también, terpenos, lignanos, esteroides, cumarinas y flavonoides y saponinas. Estos compuestos habrían interferido en la formación y/o funcionamiento de las células presentes en los tejidos meristemáticos o embrionales en el embrión de las semillas y en la radícula de las plántulas de las malezas en evaluación, tal como lo afirman LAYNEZ-GARSABALL y MÉNDEZ-NATERA (2007), quienes indican que los fenómenos alelopáticos comúnmente hacen referencia a efectos secundarios como demora del crecimiento de brotes o raíces y de acuerdo al nivel de concentración de los aleloquímicos en los extractos, estos daños pueden generar muerte del embrión o necrosis en las radículas.

LAYNEZ-GARSABALL y MÉNDEZ-NATERA (2007), indican también que estos aleloquímicos presentes en *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry y *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg. también producen alteraciones hormonales, los taninos inhiben el crecimiento inducido por giberelinas, provocando la disminución de la síntesis de enzimas hidrolíticas en el endospermo de las semillas, tales como la fosfatasa ácida y la amilasa, las saponinas disminuyen la permeabilidad del tegumento de las semillas al oxígeno, las flavononas

interfieren en la síntesis de ATP mitocondrial, los compuestos fenólicos inhiben la acción a nivel de las giberelinas, pudiendo ser por unión a la molécula hormonal o por bloqueo del proceso influido por las mismas, lo cual conlleva a reducir la absorción de agua, reducción de la absorción de minerales, efectos negativos sobre la actividad enzimática, efectos sobre el proceso fotosintético y sobre la respiración reduciendo la germinación de la semilla y elongación radicular. MACÍAS *et al.* (1999), indica que los glicósidos cianogénicos cuando se hidrolizan liberan cianuro, por lo que son tóxicos, los flavonoides también interfieren en el proceso de la respiración de las mitocondrias, retardando con ello el crecimiento de plántulas.

En la REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA (2008), los ponentes Da Costa *et al.* dieron a conocer los resultados obtenidos en un estudio donde se probó el efecto alelopático del extracto hidroalcohólico de las hojas de *Mansoa Alliacea* (Lam.) A.H. Gentry, encontraron efectos similares en este ensayo donde también utilizaron diferentes concentraciones de extracto hidroalcohólico sobre la germinación de semillas y el desarrollo radicular de dos malezas *Mimosa pudica* (“malicia”) y *Senna obtusifolia* (“mata pastos”), determinaron que la actividad alelopática del extracto hidroalcohólico de las hojas de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry presentó un alto potencial de inhibición de la germinación de la semilla y del desarrollo de la raíz de las dos malezas usadas como receptores. La mayor o menor medida de los efectos se asoció con la concentración del extracto, la parte de la planta analizada y la planta receptora. De los tres factores analizados, la germinación de la semilla fue la más intensamente inhibida por el extracto. ZOUZA *et al.* (2008), evaluando

también la actividad de extracto hidroalcohólico bruto y fracciones de hojas de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry (Bignoniaceae), utilizando las mismas semillas pregerminadas de las plantas receptoras “malicia” (*Mimosa púdica*) y “mata-pasto” (*Senna obtusifolia*), utilizando una concentración del extracto bruto y de los demás solventes al 1% (m/v), comparando los resultados con un tratamiento testigo en el cuál se utilizó agua, encontrando que la fracción de Metanol fue la que más se destacó, presentó 38.0% de inhibición en el desarrollo radicular en “mata pasto” (*Senna obtusifolia*). La fracción acetato de etilo presentó 30.0% de inhibición en el desarrollo de la radícula de la planta dañina “pasto-pasto” (*Senna obtusifolia*).

Con referencia a *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg., no se evidencia trabajos que permitan corroborar con ensayos similares al desarrollado en el presente trabajo, pero que, por lo indicado en párrafos anteriores, se verifica que los resultados obtenidos se deben a la presencia de los aleloquímicos con que cuenta y que influenciaron en el nivel de fitotoxicidad.

V. CONCLUSIONES

1. Los extractos acuosos foliares de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry y *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg., se consideran como activos y presentan efectos inhibidores (alelopáticos) negativos para la germinación y elongación radicular de las malezas *Bidens pilosa* L., *Elephantopus mollis* H.B.K., *Ruellia sp.* y *Crassocephalum sp.*, con Índices de Germinación menores a 50%, generalmente a concentraciones de 15% y 20% de extracto acuoso foliar aplicado a la semilla sin sustrato y con sustrato.
2. El extracto acuoso foliar de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry presenta mayor actividad inhibitoria sobre las malezas *Bidens pilosa* L., *Elephantopus mollis* H.B.K., *Ruellia sp.* y *Crassocephalum sp.* llegando a valores de Índice de Germinación de 5.55%, 1.37%, 6.5% y 4.6% respectivamente a una concentración de 20% de extracto acuoso foliar aplicado a la semilla sin sustrato.
3. Las malezas *Bidens pilosa* L., *Elephantopus mollis* H.B.K., *Ruellia sp.* y *Crassocephalum sp.* manifestaron sensibilidad alelopática diferenciada, observándose que el nivel de fitotoxicidad es menor cuando se aplican los extractos acuosos al sustrato (suelo agrícola), obteniéndose valores de Índice de Germinación de 9.21%, 3.13%, 14.89% y 20.98% respectivamente a una concentración de 20% de extracto acuoso foliar.
4. La maleza *Ruellia sp.* presentó el menor nivel de fitotoxicidad para *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry (IG=92.31%) y *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg.

(IG=99.07%) al 5% de concentración de extracto acuoso aplicado al sustrato (suelo agrícola).

5. La concentración de mayor actividad alelopática corresponde a 20% de extracto acuoso para *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry y *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg.

VI. RECOMENDACIONES

1. Replicar los bioensayos de actividad alelopática desarrollados en este trabajo con extractos alcohólicos, etanólicos y liofilizados de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry y *Elephantopus mollis* H.B.K., que permitan seleccionar aquel que tenga el mejor desempeño.
2. Dada la tendencia actual de la producción del cultivo de café orgánico, se debe ampliar el estudio hacia otras malezas aceptoras presentes en los campos de cultivo de café.
3. Se deben evaluar nuevas dosis de extractos acuosos, frecuencias de aplicación y tiempo de evaluación. También estudiar la incorporación de otras partes vegetales de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry y *Elephantopus mollis* H.B.K. y evaluar su efecto sobre la germinación de las malezas aceptoras.

VII. RESUMEN

La investigación se realizó en el distrito de Morales, provincia y región de San Martín, específicamente en el Laboratorio de Botánica y Dendrología de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Martín, con material vegetal (semillas de malezas) recolectado en campos de cultivo de café ubicado en la localidad de Chirapa, distrito y provincia de Lamas, región San Martín a 920 msnm, con la finalidad de determinar la actividad alelopática de extractos acuosos foliares de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry y *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg. sobre la germinación y elongación radicular de semillas de las malezas *Bidens pilosa* L., *Elephantopus mollis* H.B.K. *Ruellia* sp. y *Crassocephalum* sp., mediante bioensayos de exposición directa de las semillas a los extractos y utilizando suelo agrícola como sustrato, aplicando cuatro dosis de 5%, 10%, 15% y 20% de concentración de extracto acuoso, utilizando como testigo o control agua destilada; para el tratamiento de datos se utilizó el diseño estadístico Completamente al Azar (DCA) con 05 tratamientos, evaluando como indicadores de actividad alelopática la Germinación Relativa de Semillas (GRS), Crecimiento Relativo de Radícula (CRR) y el Índice de Germinación (IG), que permitió determinar el nivel de fitotoxicidad de los extractos acuosos foliares. Se encontró que los extractos de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry y *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg. se consideran como activos y presentan efectos inhibidores (alelopáticos) negativos para la germinación y elongación radicular de las malezas *Bidens pilosa* L., *Elephantopus mollis* H.B.K., *Ruellia* sp. y *Crassocephalum* sp., estableciendo una relación directamente proporcional a la concentración de los extractos acuosos evaluados, estableciendo mayormente

niveles de fitotoxicidad de severa o alta a moderada a concentraciones de 10%, 15% y 20%. Las malezas aceptoras evaluadas manifestaron sensibilidad alelopática diferenciada, observándose que el nivel de fitotoxicidad es menor cuando se aplican los extractos acuosos al sustrato (suelo agrícola), la maleza *Ruellia sp.* es la que presentó el menor nivel de fitotoxicidad tanto para *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry y *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg.

Palabras Claves: *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry, *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg., extractos acuosos, alelopatía, fitotoxicidad.

ABSTRACT

The research took place in the Morales district of the San Martín region and province in Peru, specifically in the Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Martín's botany and dendrology laboratory. It was done with plant material (seeds from weeds) collected from the fields of coffee crops at the Chirapa location, in the Lamas district and province of the San Martín region, located at 920 masl. The goal was to determine the allelopathic activity of aqueous extracts from the foliage of *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry and *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg. on the germination and root elongation of seeds from the *Bidens pilosa* L., *Elephantopus mollis* H.B.K., *Ruellia* sp., and *Crassocephalum* sp. weeds. This was done through bioassays of the seeds which received direct exposure to the extracts. Agricultural soil was used as the substrate, where four doses at concentrations of 5%, 10%, 15%, and 20% of the aqueous extract were applied. The control was distilled water. The completely randomized design (CRD; DCA in Spanish) was used to treat the data, with five treatments. The relative seed germination (GRS – acronym in Spanish), relative root growth rate (CRR – acronym in Spanish), and the germination index (IG – acronym in Spanish) were evaluated as the indicators for allelopathic activity, which allowed for the level of phytotoxicity of the foliar aqueous extracts to be determined. It was found that the *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry and *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg. extracts were considered to be active and they presented negative inhibition effects (allelopathic) for the germination and root elongation of the *Bidens pilosa* L., *Elephantopus mollis* H.B.K., *Ruellia* sp., and *Crassocephalum* sp. weeds; establishing a directly proportional relationship to

the concentration of the aqueous extracts that were evaluated and that the majority of the phytotoxicity levels were severe or high, at concentrations of 10%, 15% and 20%. The treated weeds that were evaluated manifested a differentiated allelopathic sensibility where it was observed that the level of phytotoxicity was lower when the aqueous extracts were applied to the substrate (agricultural soil). The *Ruellia sp.* weed is that which presented the lowest level of phytotoxicity with the *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry, as well as with the *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg.

Keywords: *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry, *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg., aqueous extracts, allelopathic, phytotoxicity

VIII. BIBLIOGRAFÍA

1. APORTELA, G. P., GONZÁLES, P. Y. 2001. Evaluación toxicológica del Dicromato de Potasio en plantas de lechuga *Lactuca sativa* L.. Anuario Toxicológico, Cuba. 1(1):98-103
2. BERTÍN, T.J., HERNÁNDEZ, G., HERRERA, J.H., GARCÍA, G., TREJO, C., L. 2001. Efecto del Nitrógeno y fecha de cosecha sobre el rendimiento y calidad de semilla de pasto guinea. Técnica Pecuaria, México. 39(3): 245-254.
3. BLANCO, Y. 2006. La utilización de la alelopatía y sus efectos en diferentes cultivos agrícolas. Cultivos Tropicales, La Habana-Cuba. 27(3): 5-16.
4. BRADFORD, K.J. 1995. Water relations in seed germination. 1st Edition. Dekker, New York. Routledge. 46 p.
5. CALERO, C., ANDRÉS, S. 2012. Evaluación agroindustrial del ajo del monte (*Mansoa alliacea*). Tesis Ingeniero Agroindustrial. Quito, Ecuador. Escuela Politécnica Nacional. 118 p.
6. CHICY, T.A., KIELBASO, J.J. 1998. Allelopathy as an inhibition factor in ornamental tree growth: Implications from literature. Journal of Arboriculture, Illinois-USA. 24(5):274-279.
7. CHON, S., JANG, H., KIM, D., KIM, Y., BOO, H. 2005. Allelopathic potencial en lettuce (*Lactuca sativa* L.) plants. Scientia Horticulturae, South Korea. 106:309–317
8. DIÉGUEZ, R., RIVAS, P., GARRIDO, G., & MOLINA-TORRES, J. 2004. Potencialidad del Género *Zanthoxylum* como fuente de actividades

- biológicas. Acta farmacológica Bonaerense, Argentina. 23(2): 243-251.
9. D'ABROSCA, B., DELLA, G., FIORENTINO, A., MONACO, P., PREVITERA, L., SIMONET, A., ZARRELLI, A. 2001. Potencial allelochemicals from *Sambucus nigra*. Phytochemistry, USA. 58(7):1073–1081
10. ENCALADA, T. 1978. Evaluación de la fitotoxicidad e influencia del almacenaje sobre la germinación de semillas de trigo y cebada tratadas con insecticidas sistémicos y determinación del efecto residual sobre el áfido *Metopolophium dirhodum* (Walker). Tesis Licenciado en Agronomía. Santiago, Chile. Universidad de Chile. 49 p.
11. GARCÍA, F., GULIAS, J., MARTÍNEZ, J., MARZO, A., MELERO, J., TRAVESET, A., VEINTIMILLA, P. 2001. Bases ecológicas para la recolección, almacenamiento y germinación de semillas de especies de uso forestal de la Comunidad Valenciana. 1ra. Ed. Valencia, España, Banc de Llavors Forestals. 91 p.
12. GONÇALVES, R.V. 2000. Inhibitions of germination and radicular growth of lettuce (CV. Grand Rapids) by aquos extracts of five species of *Gleichesiaceae*. Floresta e ambiente, Brasil. 7:180-197.
13. GUERRERO, D.H. 2020. Composición química y actividades biológicas del género *Zanthoxylum*. Tesis Título de Químico. Universidad de Córdoba, Facultad de Ciencias Básicas. Córdoba, Argentina. 67 p.
14. HUERTA, E., CRUZ, J., AGUIRRE, L., CABALLERO, R., PÉREZ, L. F. 2015. Toxicidad de fertilizantes orgánicos estimada con bioensayo

- de germinación de lechuga. Terra Latinoamericana, Chapingo, México. 33(2): 179-185
15. ITIS (The Integrated Taxonomic Information System). [En línea] (<http://www.itis.gov>, 14 Mar. 2021).
 16. JACQUES, F., FENCOI, F. 2006. Para comprender las plantas y la diversidad del mundo vegetal. 1ra. Ed. Bogotá, Colombia. Panamericana Pub Llc,. 128 p.
 17. KATO-NOGUCHI, H., TANAKA, Y., MURAKAMI, T., YAMAMURA, S., FUJIHARA, S. 2002. Isolation and identification os an allelopathic substance from peel of *Citrus junos*. Phytochemistry, Japón. 61: 849-853.
 18. KRAUTMANN, T.S. y RISCALA, E. 2001. Efectos alelopáticos de *Tridax procumbens* L. Rev. Dominguezia, San Miguel de Tucumán, Argentina. 17(1): 13-22.
 19. LAYNEZ-GARSABALL, J.A. Y MÉNDEZ-NATERA, J.R. 2007. Efectos de extractos acuosos de la maleza *Cyperus rotundus* L. (Cyperaceae) sobre la germinación de semillas y crecimiento de plántulas de maíz (*Zea mays* L.). Rev. peru. Biol, Lima, Perú. 14(1): 055- 060.
 20. LORENZO, P., GONZÁLEZ, L. 2010. Alelopatía: una característica ecofisiológica que favorece la capacidad invasora de las especies vegetales. Rev. Ecosistemas, Vigo, España. 19(1):79-91
 21. LU, Z.K., YANAR, Y. 2004. Allelopathic effects of Plants Extracts Againts Seed Germination of Some Weeds. Rev. Asian Journal of Plant Sciences, India. 3(4): 472-475

22. MACÍAS, F.A., MOLINILLO, J.M.G., GALINDO, J.C., VARELA, R.M., TORRES, A., SIMONET, A.M. 1999. Terpenoids with potential use as natural herbicide templates. *Biologically Active Natural Products: Agrochemical*, Boca Ratón. 1: 15-31.
23. MACÍAS, F.A., CASTELLANO, D., MOLINILLO, J. 2000. Search for a Standard phytotoxic bioassay for allelochemicals. Selection of standard target species. *Journal of agricultural and food chemistry*, Colombia. 48(6): 2512-2521.
24. MACÍAS, V.E., CUCA, L.E., JIMÉNEZ, K. 2007. Usos en medicina folclórica, actividad biológica y fitoquímica de metabolitos secundarios de algunas especies del género *Zanthoxylum*. *Duazary: Revista internacional de Ciencias de la Salud*, Colombia. 4(2): 140-159.
25. MACÍAS, V.E.; COY, B., ERICSSON, D.; CUCA, L.E. 2011. Análisis fitoquímico preliminar y actividad antioxidante, antiinflamatoria y antiproliferativa del extracto etanólico de corteza de *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg. (Rutaceae). *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, La Habana, Cuba. 16(1): 43-53.
26. MATILLA, A.J. 2008. Desarrollo y germinación de las semillas. Madrid, España. 1 ed. University of Santiago de Compostela. 651 p.
27. MEJÍA, K.; RENGIFO, E. 2000. *Plantas Medicinales de Uso Popular en la Amazonía Peruana*. 2 ed. Lima, Perú. Tarea Asociación Gráfica Educativa. 286 p.
28. MORENO, T.A., BENITO, L.M., HERRERO, S., DOMÍNGUEZ, S.L., PEÑUELAS, J.R. 2001. Estudio de nuevos métodos de determinación

- de la viabilidad de las semillas forestales: test de electroconductividad e índigo carmín. Comparación con el test del tetrazolio y su aplicación a *Pinus pinaster* y *Pinus halepensis*. Actas del III Congreso Forestal Español, Granada, España. 3: 653-658
29. NIVIA, E. 2000. Mujeres y plaguicidas: una mirada a la situación actual, tendencias y riesgos de los plaguicidas. 1 ed. Palmira, Colombia, Rapalmira. 114 p.
30. PATEL, S.S., DIPIKA, R. AND ESHA, R. 2013. Phytochemical studies on *Mansoa alliacea* (Lam). International Journal of Advances in Pharmaceutical Research, Patan, India. 4(6): 1823 – 1828
31. PIETRO, J.A.; PATIÑO, O.J.; DELGADO, W.A.; MORENO, J.P., AND CUCA, L.E. 2011. Chemical composition, insecticidal, and antifungal activities of fruit essential oils of three colombian *Zanthoxylum* species. Chilean journal of agricultural research, Chile. 71(1):73-82.
32. RODRÍGUEZ, H.G., MEDEROS, D.M., ECHEVERRÍA, I.S. 2002. Efectos alelopáticos de restos de diferentes especies de plantas medicinales sobre albahaca (*Ocimum basilium* L.) en condiciones de laboratorio. Rev. Cubana Plant. Med., Ciudad de la Habana, Cuba. 7(2): 67-72.
33. RODRÍGUEZ, A.J., ROBLES, C.A., RUÍZ, R.A., LÓPEZ, L.E., SEDEÑO, J. E.Y RODRÍGUEZ, D.A. 2014. Índices de germinación y elongación radical de *Lactuca sativa* en el biomonitorio de la calidad del agua del rio Chalma. Rev. Int. Contam. Ambie., México. 30(3): 307-316.
34. REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA (31., 2008, Águas de Lindóia). 2008. Avaliação Alelopática do Extrato

Hidroalcoólico das folhas de *Mansoa Alliacea*. Sociedade Brasileira de Química (SBQ). Belém-Pará, Brasil. ADALTECH. 1 v.

35. SANGAMA, C.F.; NEVES, J.L.A. 2013. Actividad inmunoestimulante del extracto acuoso liofilizado de las hojas de *Mansoa alliacea* L. (Ajo sacha) en ratas albinas holtzman. Tesis Químico Farmacéutico. Iquitos, Perú. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. 96 p.
36. SOUZA, R.F., RIBEIRO, K.M., DE DEUS, R.J.A., TRINDADE, N.S., SOUZA, A.P.S., SANTOS, A.S. 2008. Actividade alelopática do extracto hidroalcoólico bruto e fracos das folhas de *Mansoa alliacea* (bignoniaceae). [En línea]: Embrapa, (<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/987774/atividade-alelopatica-do-extrato-hidroalcoolico-bruto-e-fracos-das-folhas-de-mansoa-alliaceae-bignoniaceae>, 15 enero 2020).
37. TRUJILLO, A.F. 2008. Determinación de la actividad alelopática de extractos vegetales sobre *Lactuca sativa*. Tesis Tecnóloga en Química. Pereira, Colombia. Universidad Tecnológica de Pereira. 87 p.
38. VARNERO, M. T., ORELLANA, R.R., ROJAS, C.A., SANTIBAÑES, C. 2006. Evaluación de especies sensibles a metabolitos fitotóxicos mediante bioensayos de germinación. Medioambiente en Iberoamérica, Badajoz, España. 3: 363-370
39. VARNERO, M.T., ROJAS, C.A., ORELLANA, R.R. 2007. Índices de Fitotoxicidad en Residuos Orgánicos durante el compostaje. J. Soil Sc Nutr, Temuco, Chile. 7 (1): (28-37).

40. VINÉ, L., CLAUDIA, GUERRERO, C., BENSCH, T. 2013. Efecto alelopático de extractos acuosos foliares de diez ecotipos de trigo (*Triticum aestivum* L.) sobre *Rumex acetosella* L. *Idesia*, Chile. 31(3): 77-87
41. WALLER, G., YANG, C.F., CHEN, L.F., SU, C.H. 1994. Allelopathic Activity of Naturally Occurring Compounds from Mung Beans (*Vigna radiata*) and Their Surrounding Soil. American Chemical Society, Carolina del Norte, USA. 1: 242 – 257.
42. ZALACAIN, M., SIERRASESÚMAGA, L., PATIÑO, A. 2005. El ensayo de micronúcleos como medida de inestabilidad genética inducida por agentes genotóxicos. *An. Sist. Sanit. Navar.*, Navarra, España. 28(2): 227-236.
43. ZOGHBI, M.G., OIVEIRA, J., GUILHON, G. 2009. The genus *Mansoa* (Bignoniaceae): a source of organo sulfur compounds. *Brazilian Journal of Pharmacognosy*, Brasil. 19(3): 795-804.

IX. ANEXOS

Distribución de los tratamientos en los bioensayos.

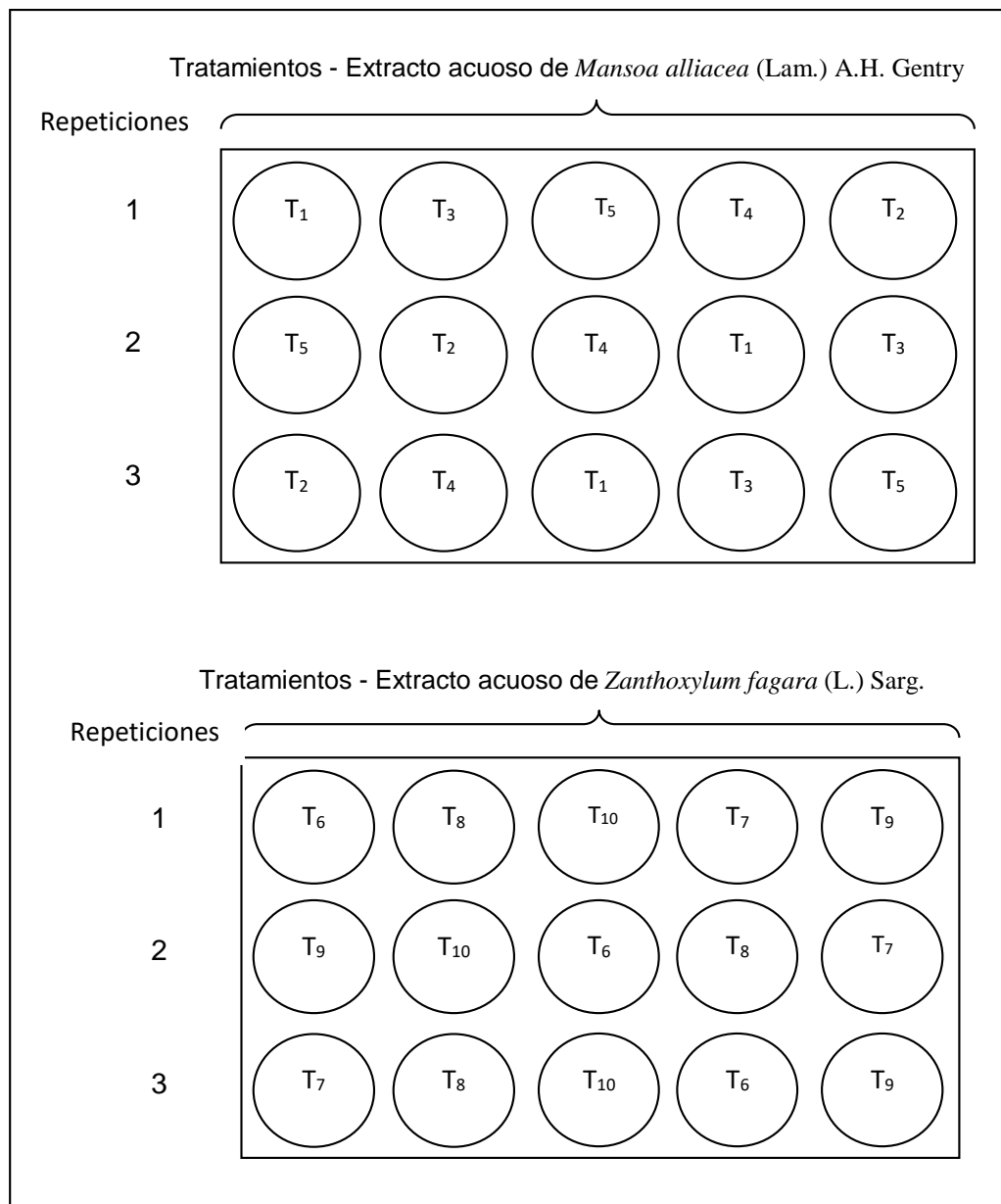


Figura 37. Distribución de los tratamientos en los bioensayos.

Malezas aceptoras evaluadas

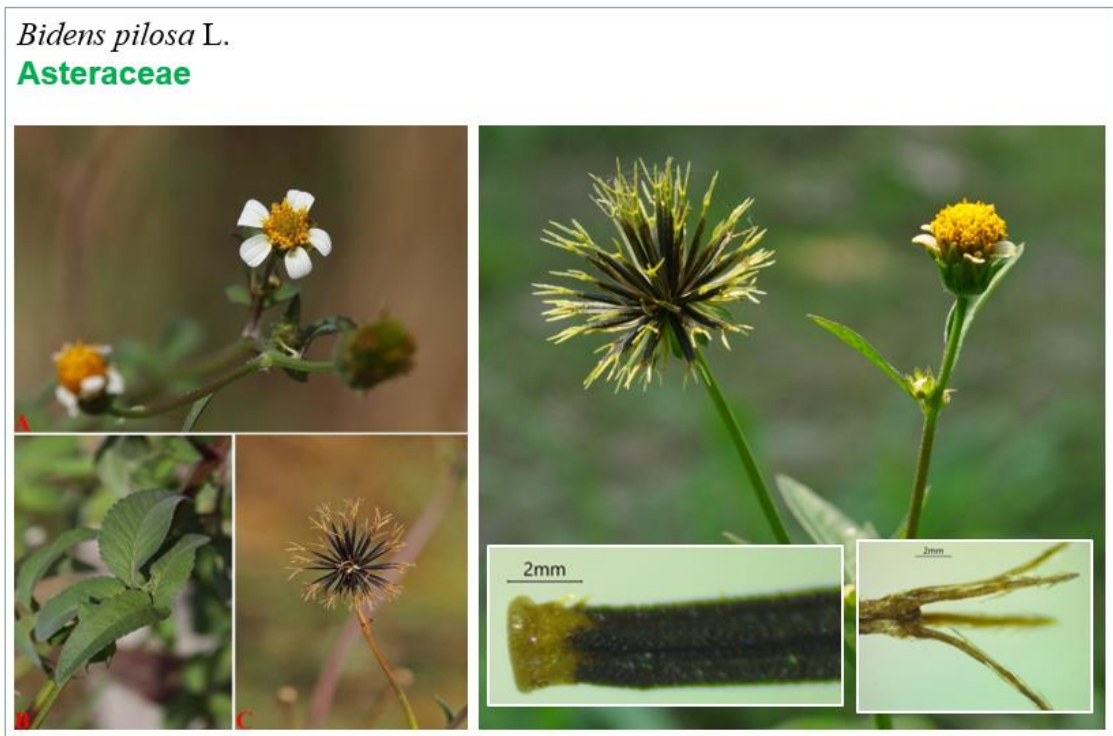


Figura 38. *Bidens pilosa* L. Familia Asteraceae

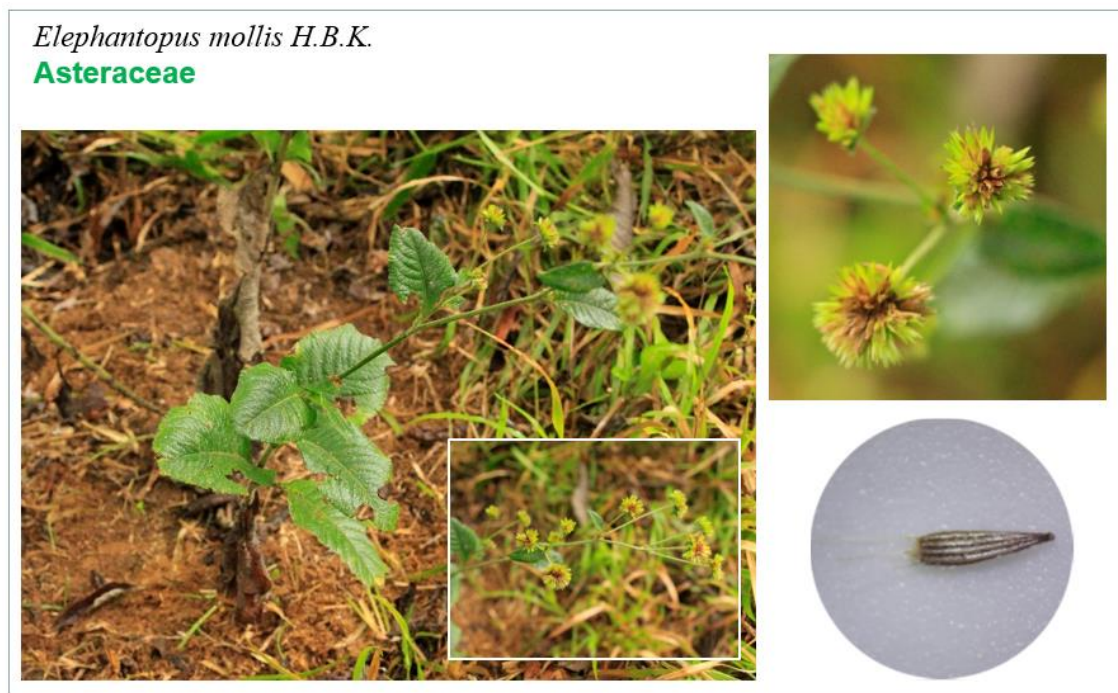


Figura 39. *Elephantopus mollis* H.B.K. Familia Asteraceae



Figura 40. *Ruellia sp.* Familia Acanthaceae



Figura 41. *Crassocephalum sp.* Familia Asteraceae

Actividades realizadas durante la ejecución del trabajo de investigación

Figura 42. Recolección de semillas de malezas aceptoras en campos de cultivo de café (*Coffea arabica* L.)

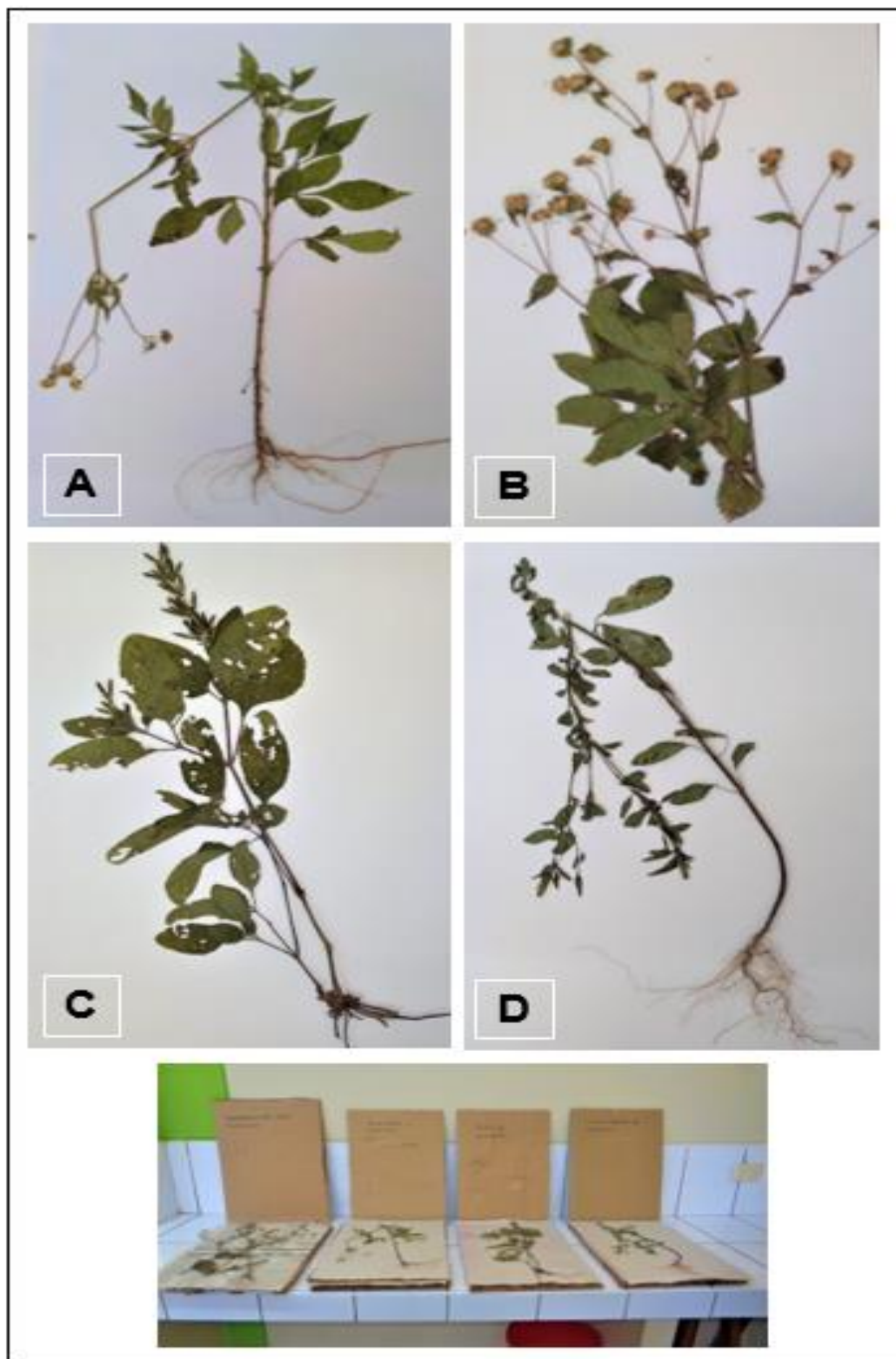


Figura 43. Herborización de las malezas aceptoras. (A): *Bidens pilosa* L.; (B): *Elephantopus mollis* H.B.K.; (C): *Ruellia* sp.; (D): *Crassocephalum* sp.

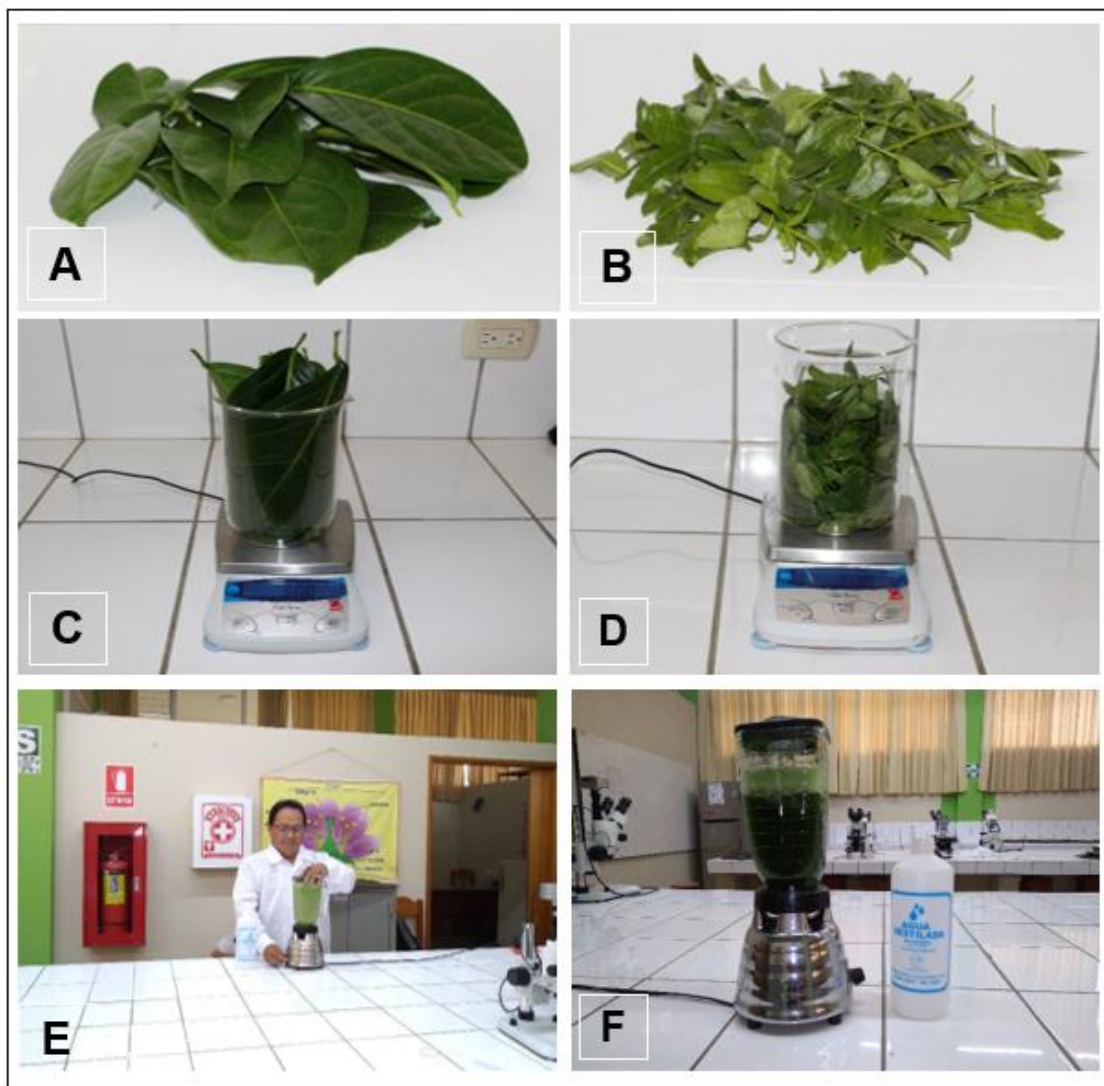


Figura 44. Obtención del extracto acuoso foliares: (A): *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry y (B): *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg.; (C y D): Pesado de la hoja; (E y F): Licuado de las hojas.



Figura 45. Concentraciones de extractos acuosos foliares: (A y B): Extracto foliar; (C y D): Agitación del extracto en equipo agitador magnético; (F): Concentraciones de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry; (G): Concentraciones de *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg.

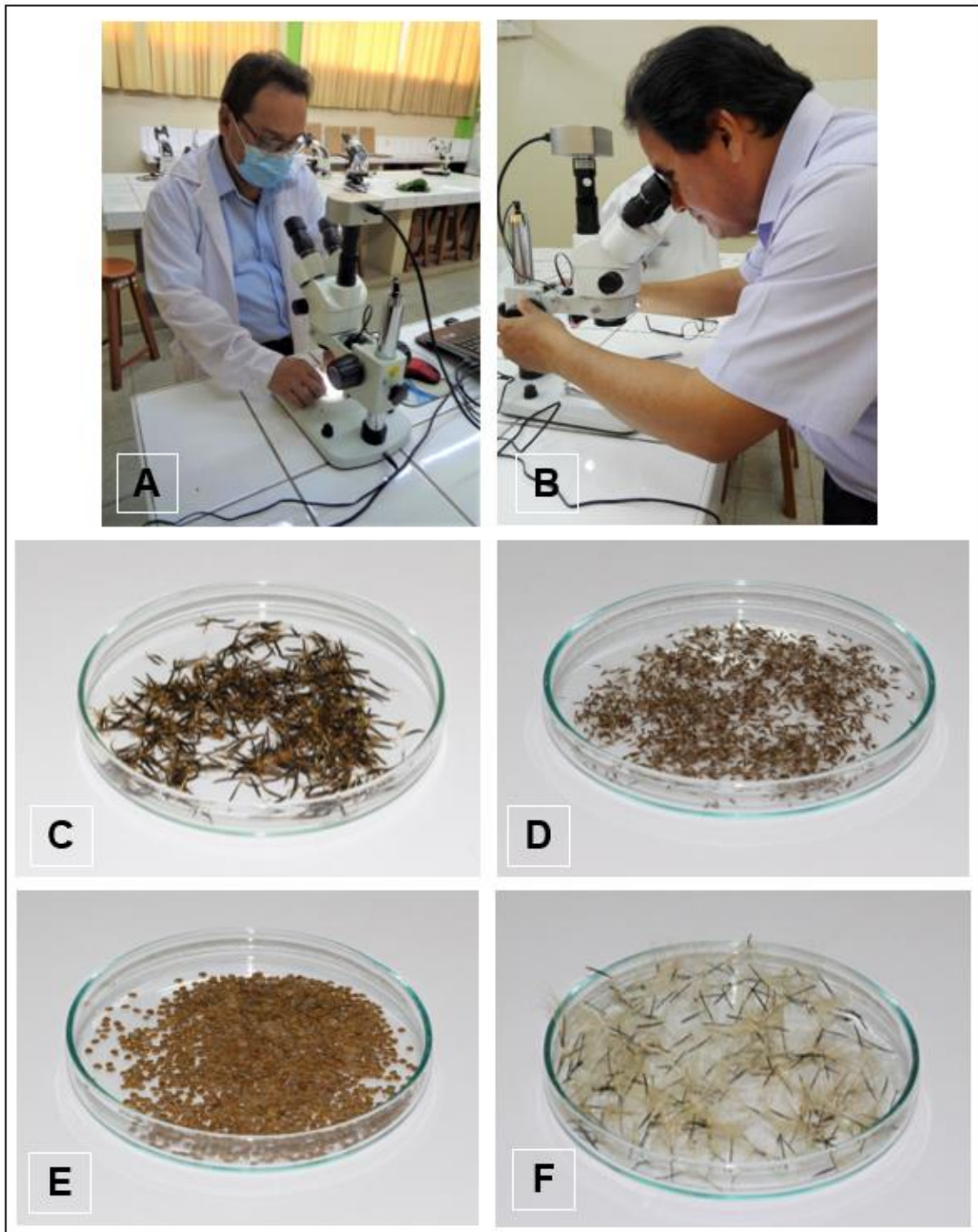


Figura 46. Selección de semillas de malezas: (A y B): Selección haciendo uso del estereoscopio; (C): *Bidens pilosa* L.; (D): *Elephantopus mollis* H.B.K.; (E): *Ruellia* sp.; (F): *Crassocephalum* sp.

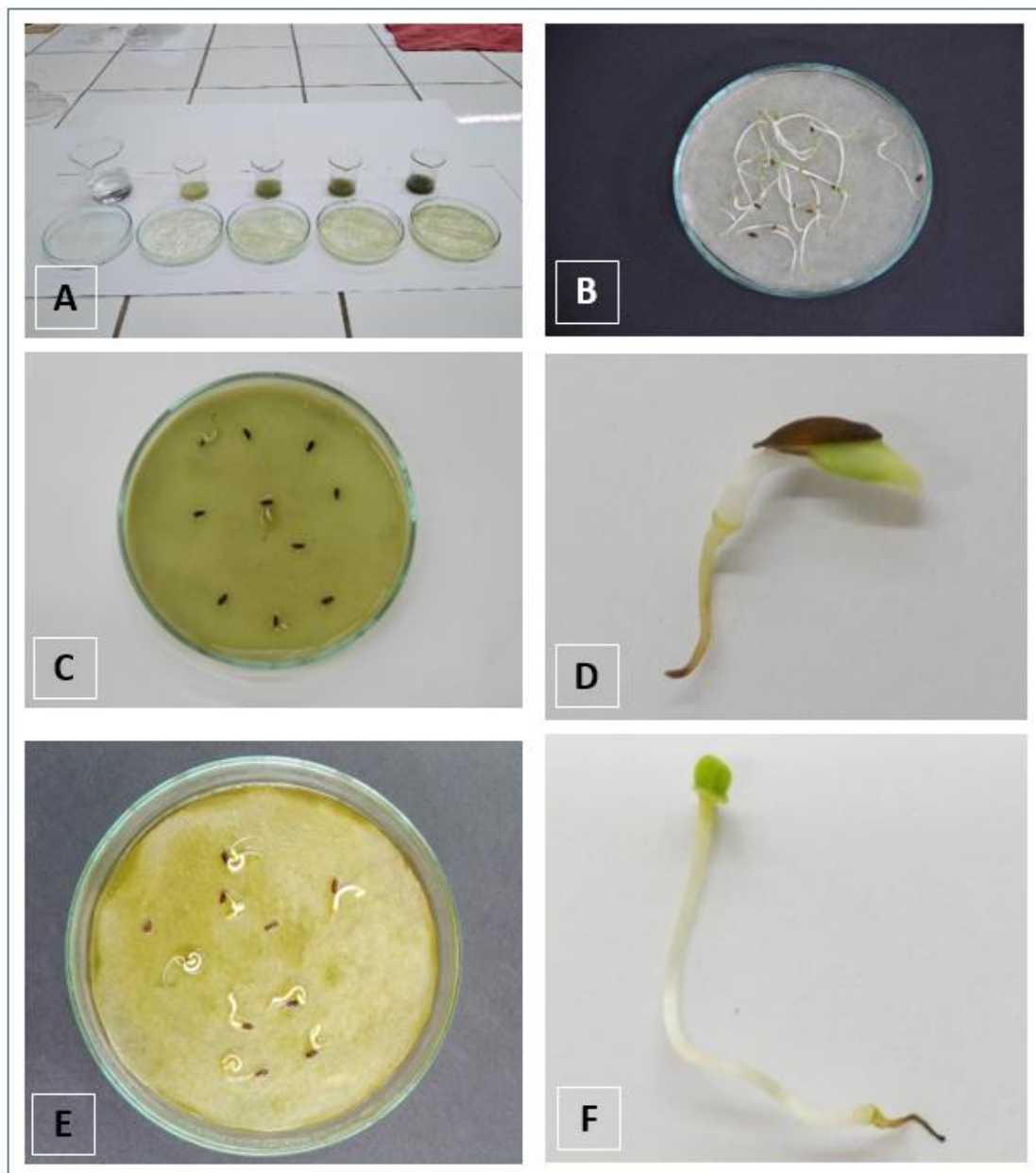


Figura 47. Ensayos preliminares de fitotoxicidad de extractos acuosos foliares de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry y *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg. sobre semillas de *Lactuca sativa* L.: (A): Disposición de las concentraciones; (B): Testigo; (C y D): En extracto de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry; (E y F): En extracto de *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg.



Figura 48. Distribución del bioensayo de actividad alelopática de extractos acuosos foliar de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry y *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg. (sin sustrato).

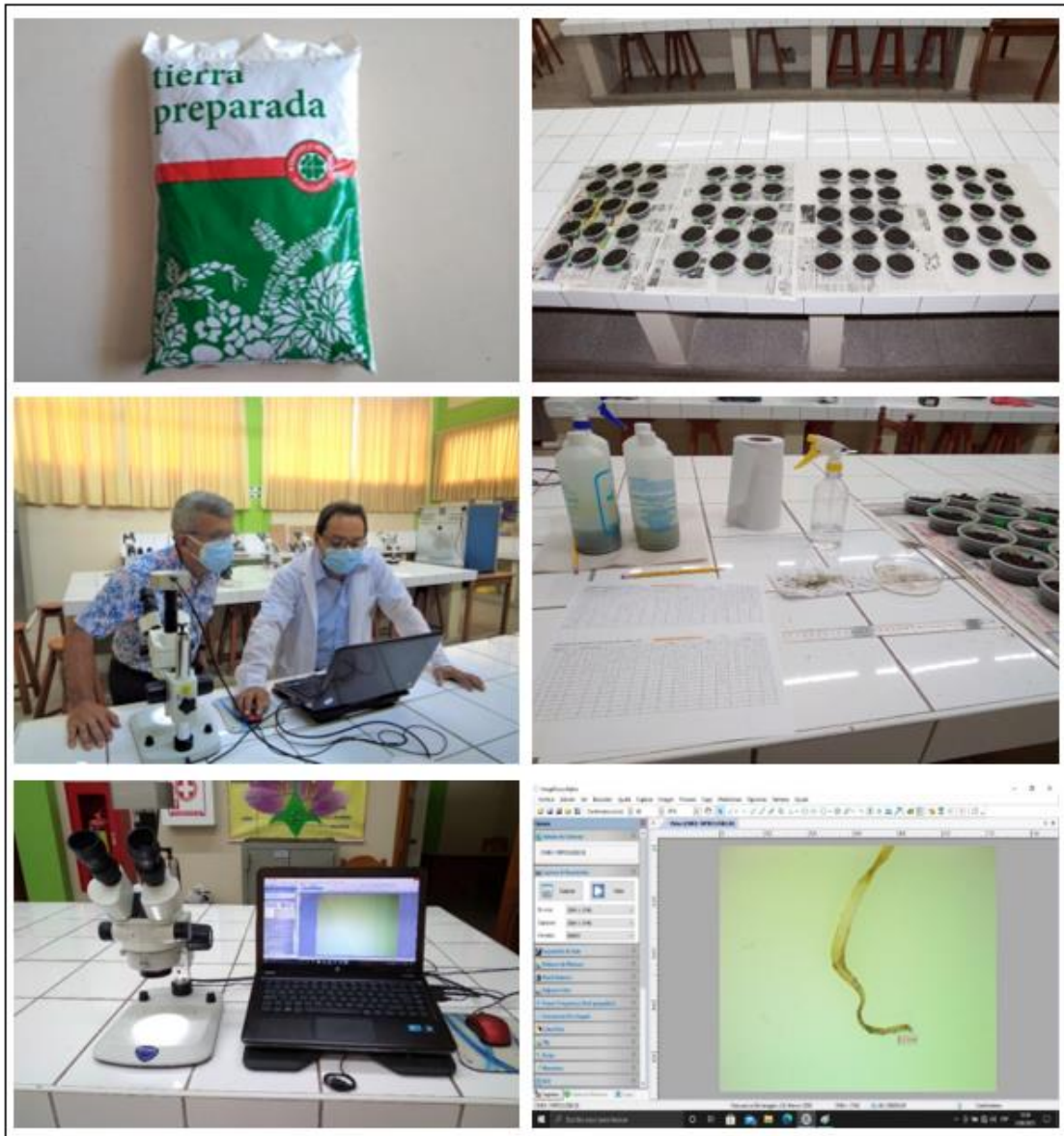


Figura 49. Distribución del bioensayo de actividad alelopática extractos acuosos foliar de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry y *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg. con sustrato y software de medición de longitud radicular.



Figura 50. Visita de soporte y orientación del Biol. M.Sc. José Luis Gil Bacilio asesor del proyecto de investigación, en el laboratorio de Botánica y Dendrología de la Universidad Nacional de San Martín –Tarapoto.

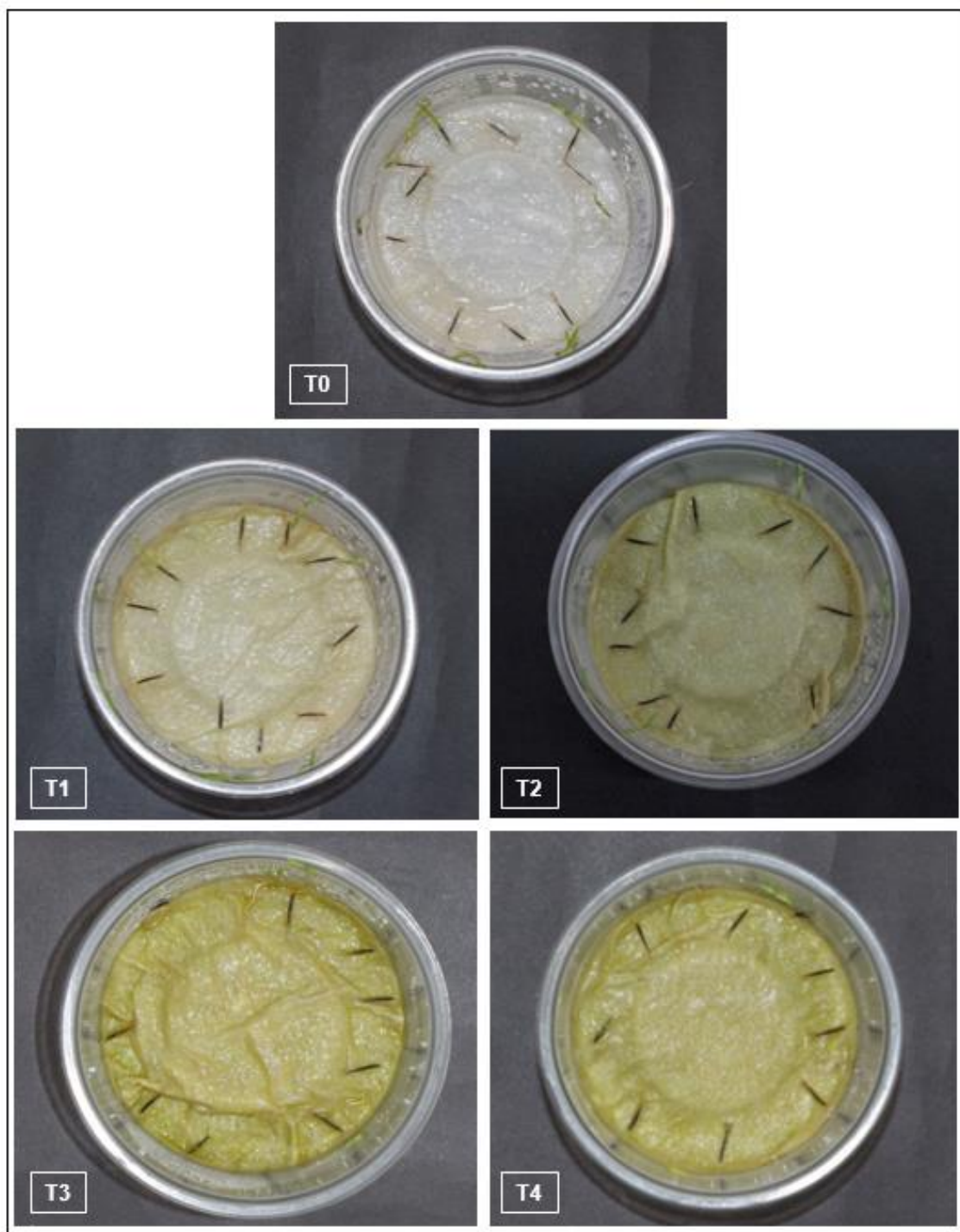


Figura 51. Bioensayo de actividad alelopática del extracto acuoso de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry sobre *Bidens pilosa* L. (sin sustrato), a los 14 días después de la siembra.

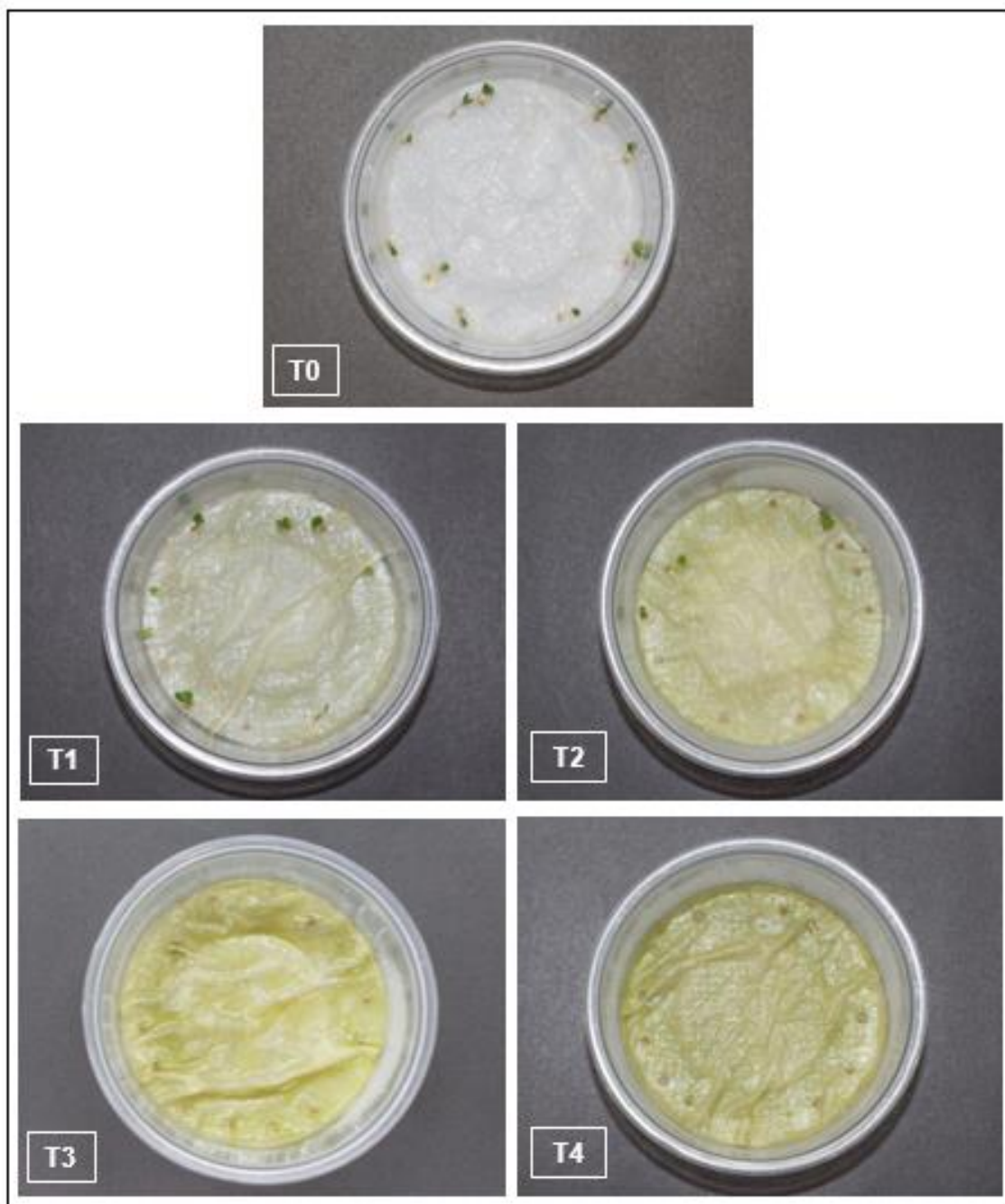


Figura 52. Bioensayo de actividad alelopática del extracto acuoso de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry sobre *Ruellia sp.* (sin sustrato), a los 7 días después de la siembra.

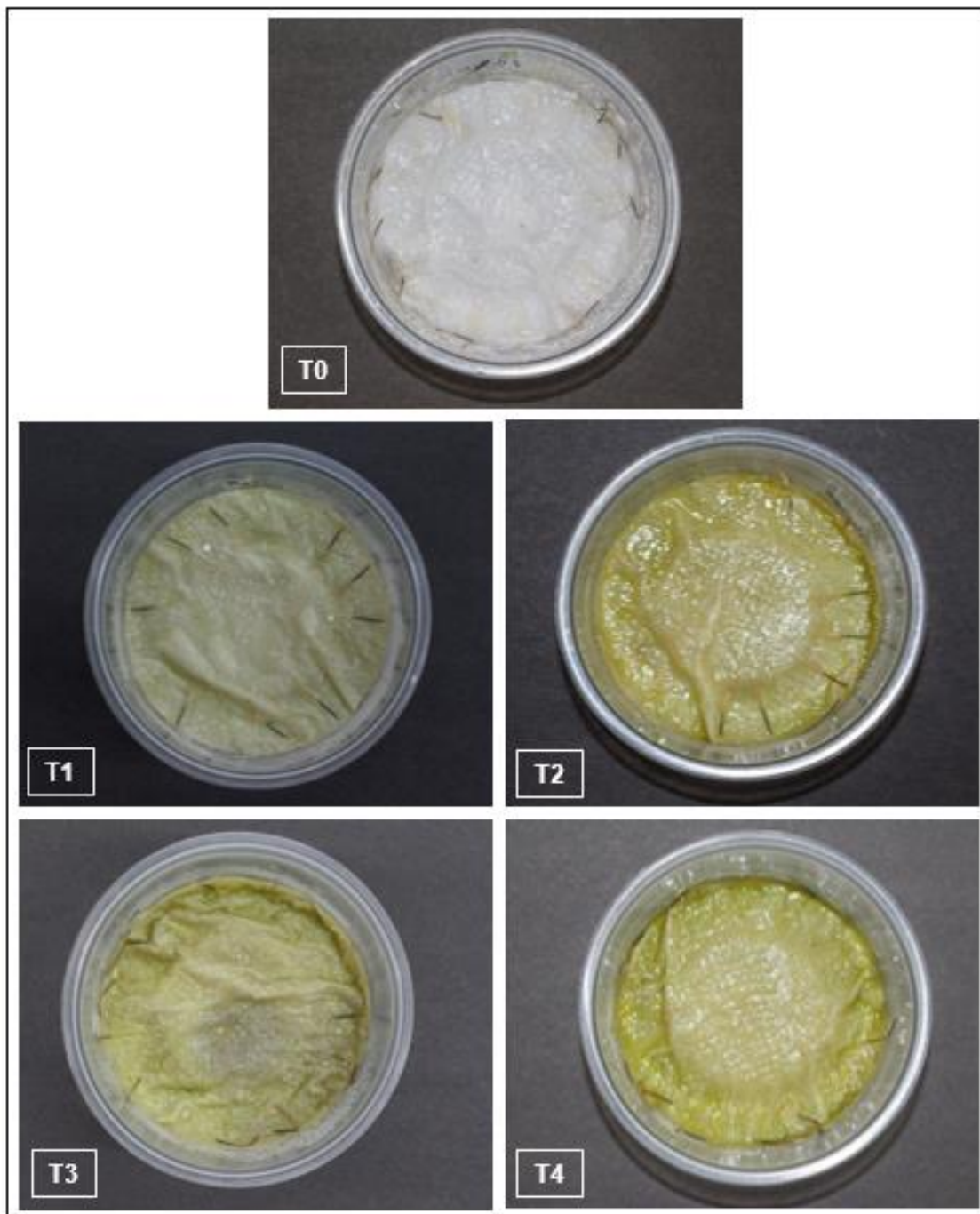


Figura 53. Bioensayo de actividad alelopática del extracto acuoso de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry sobre – *Crassocephalum sp.* (sin sustrato), a los 7 días después de la siembra.

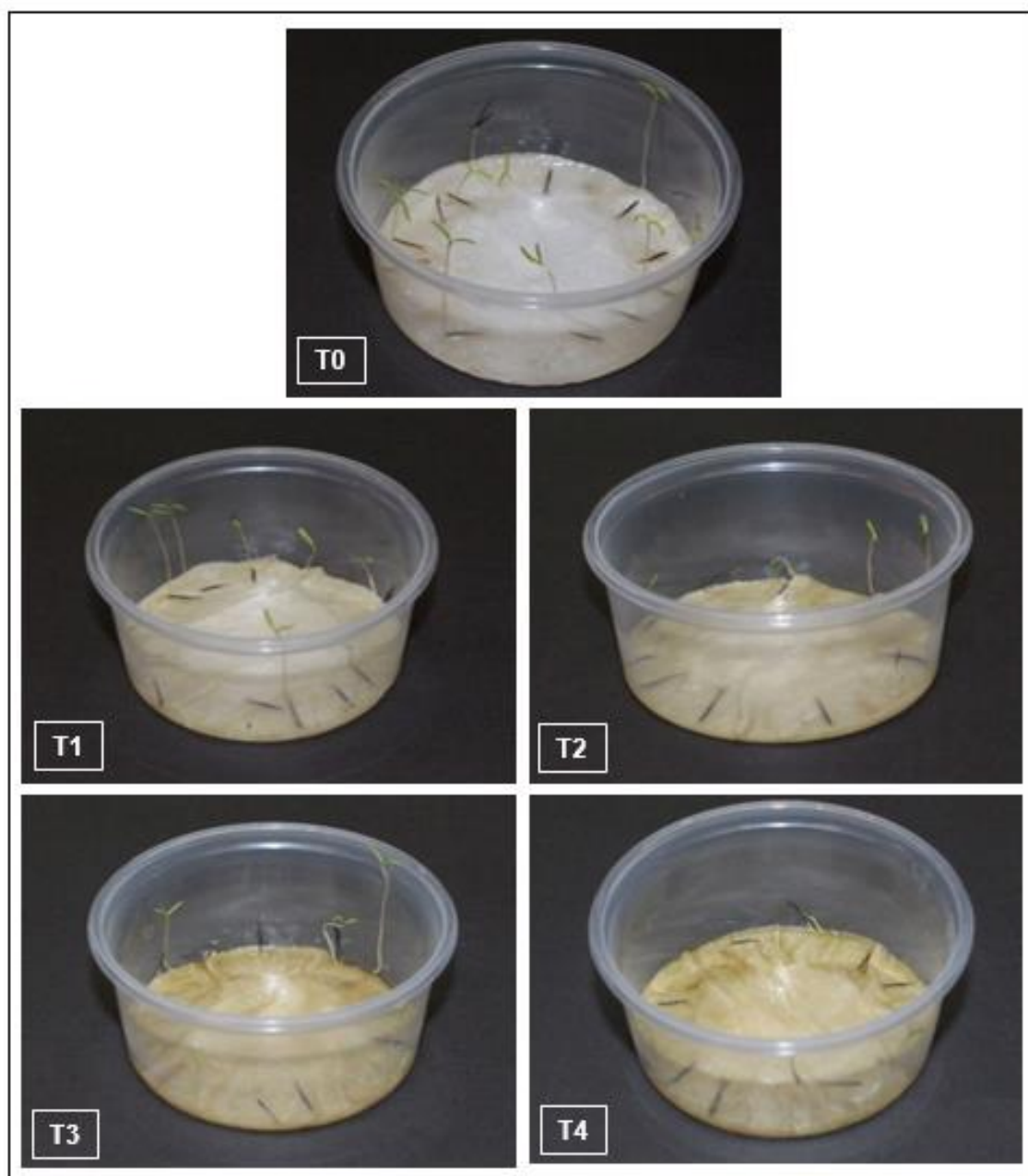


Figura 54. Bioensayo de actividad alelopática del extracto acuoso de *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg. sobre *Bidens pilosa* L. (sin sustrato), a los 14 días después de la siembra.

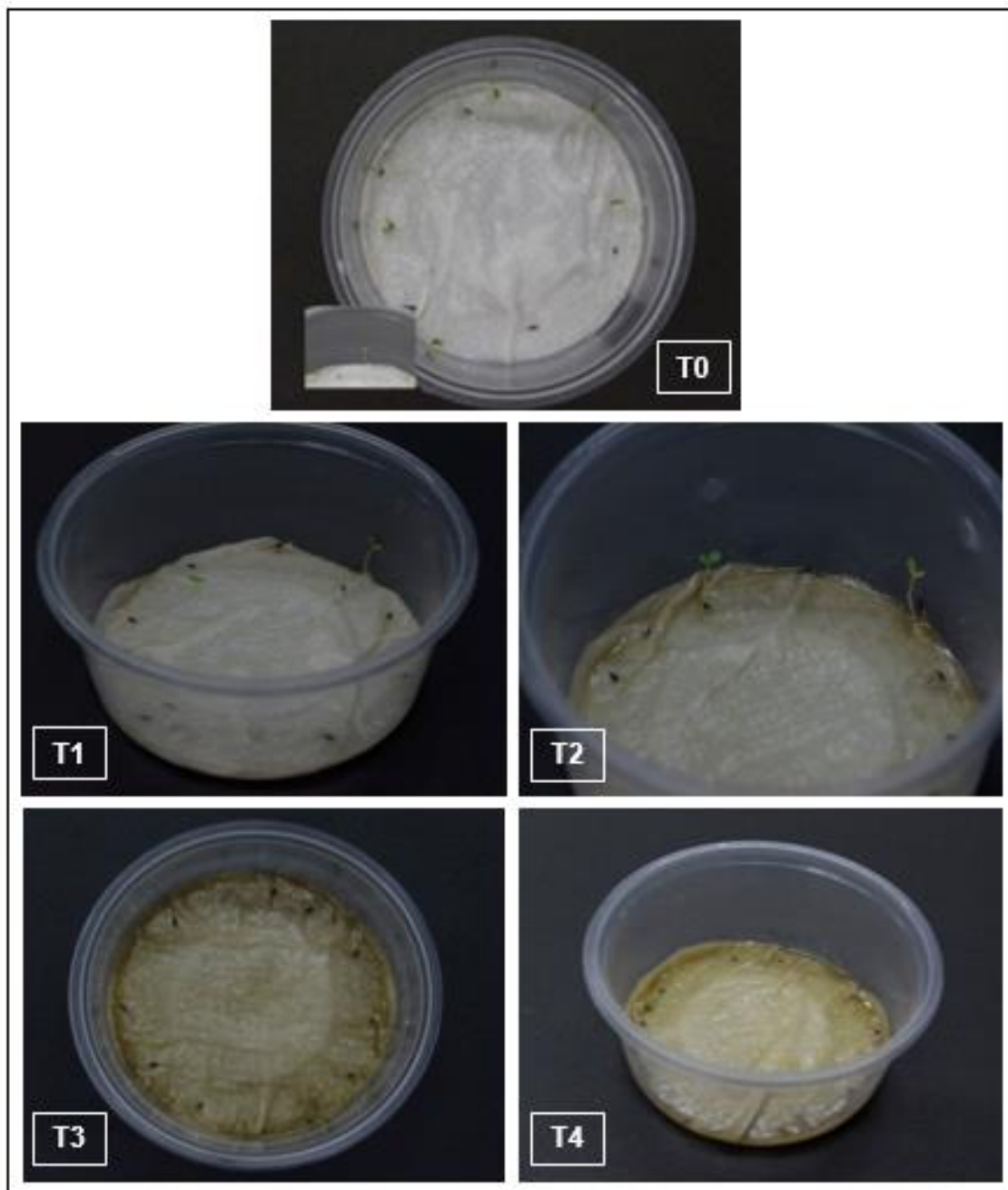


Figura 55. Bioensayo con extracto acuoso de *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg. – *Elephantopus mollis* H.B.K. (sin sustrato), a los 15 días después de la siembra.

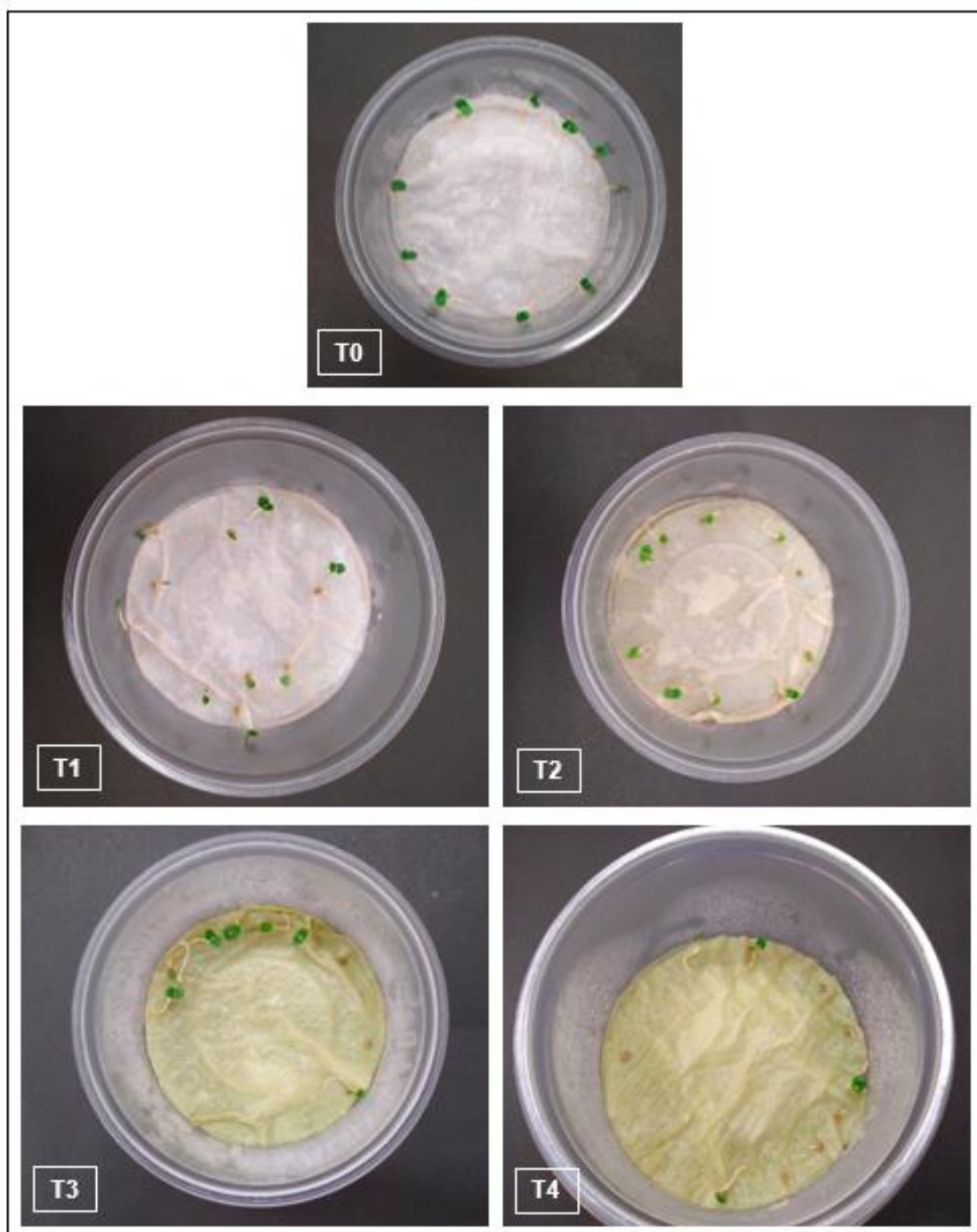


Figura 56. Bioensayo con extracto acuoso de *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg. – *Ruellia* sp. (sin sustrato), a los 7 días después de la siembra.

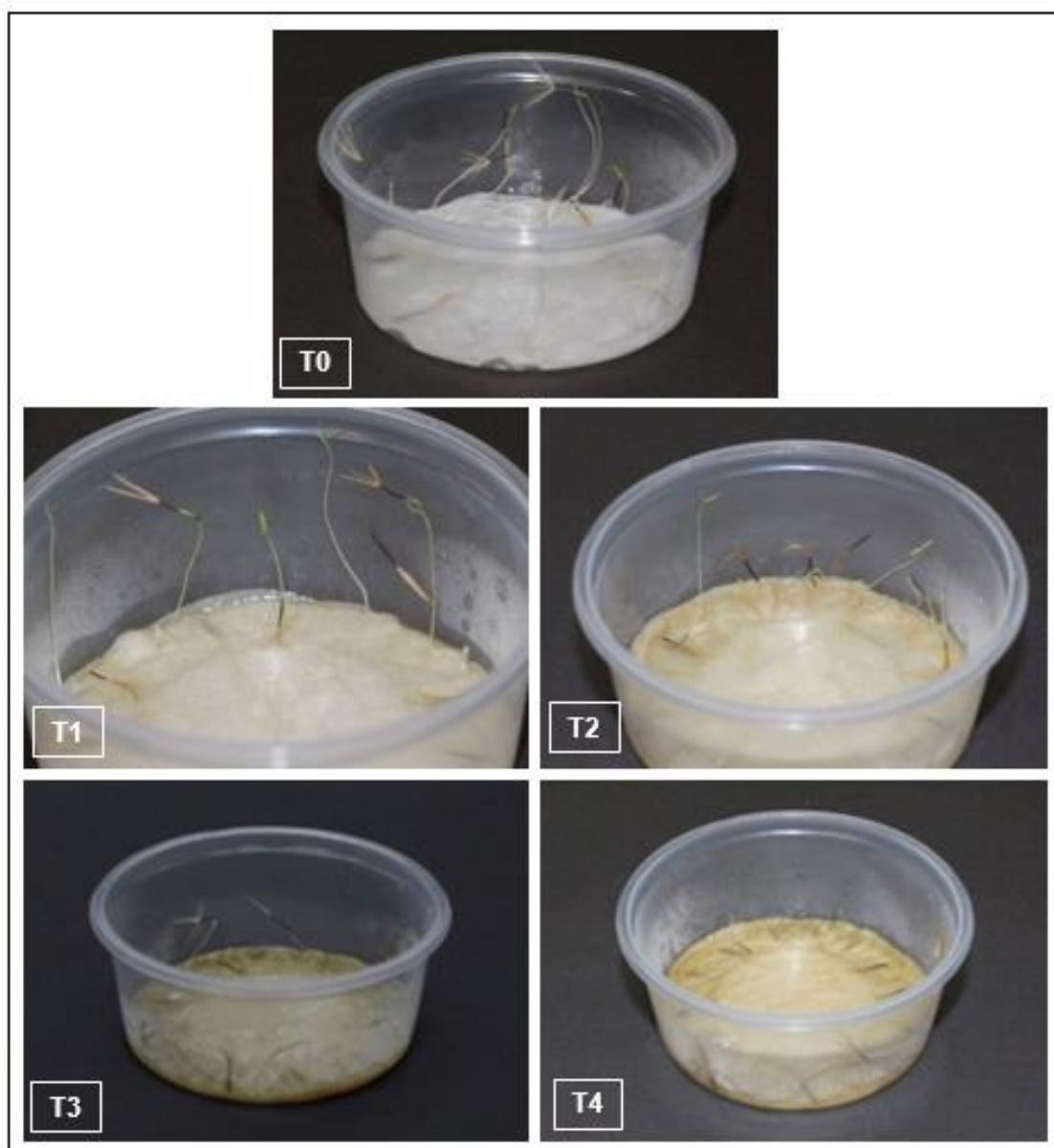


Figura 57. Bioensayo con extracto acuoso de *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg. – *Crassocephalum sp.* (sin sustrato), a los 7 días después de la siembra.

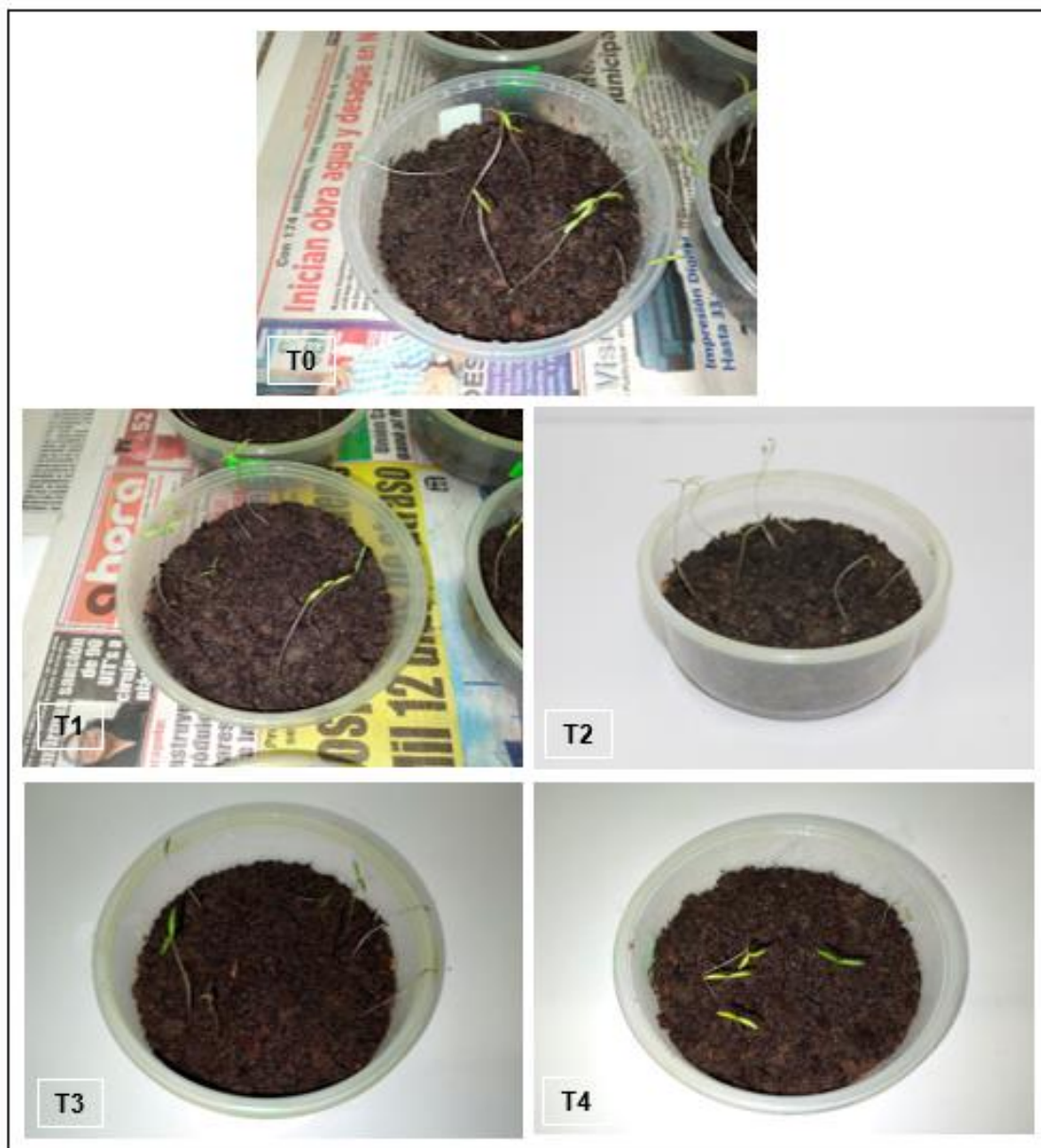


Figura 58. Bioensayo con extracto acuoso de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry – *Bidens pilosa* L. (con sustrato), a los 14 días después de la siembra.

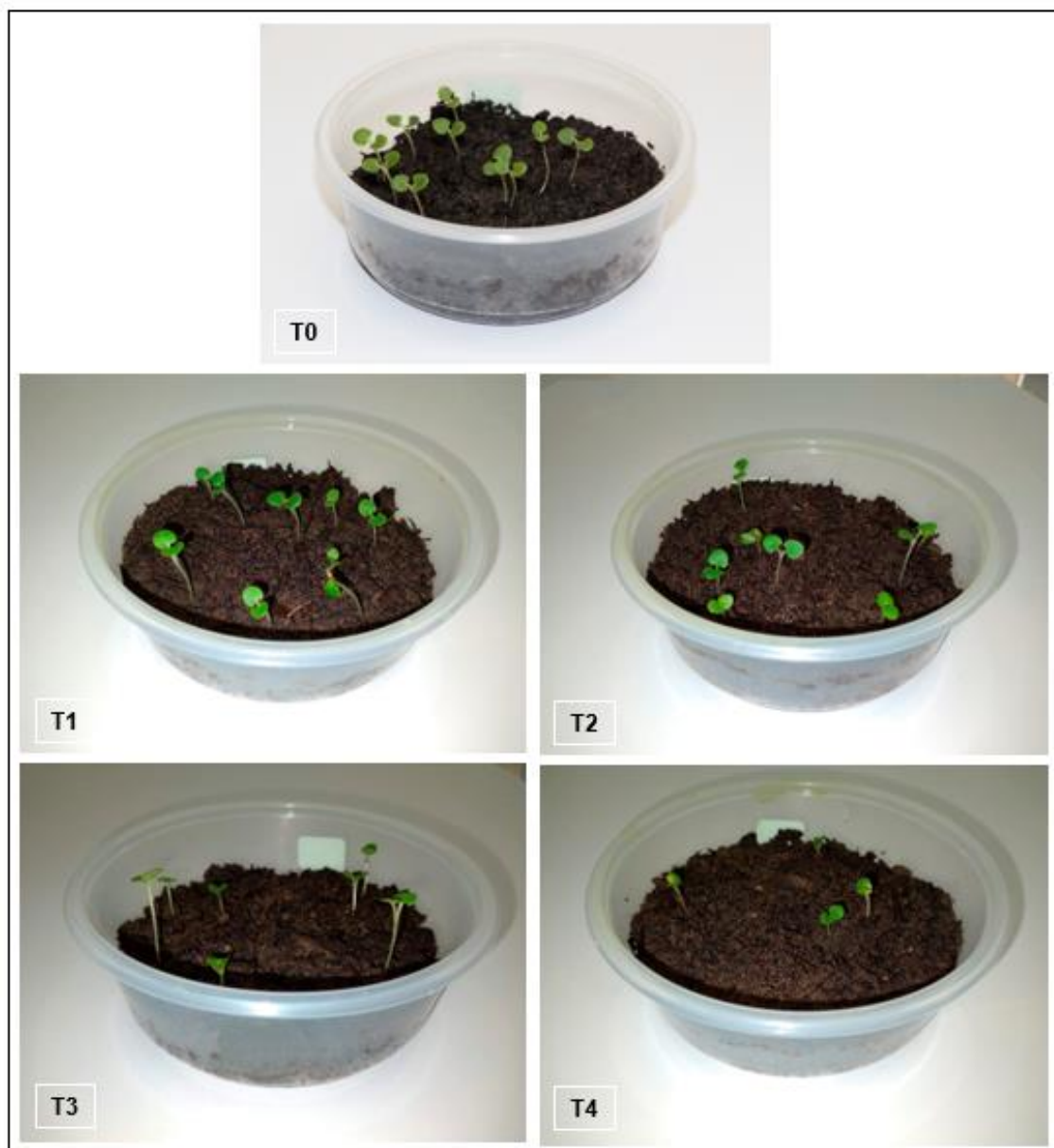


Figura 59. Bioensayo con extracto acuoso de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry – *Ruellia* sp. (con sustrato), a los 7 días después de la siembra.

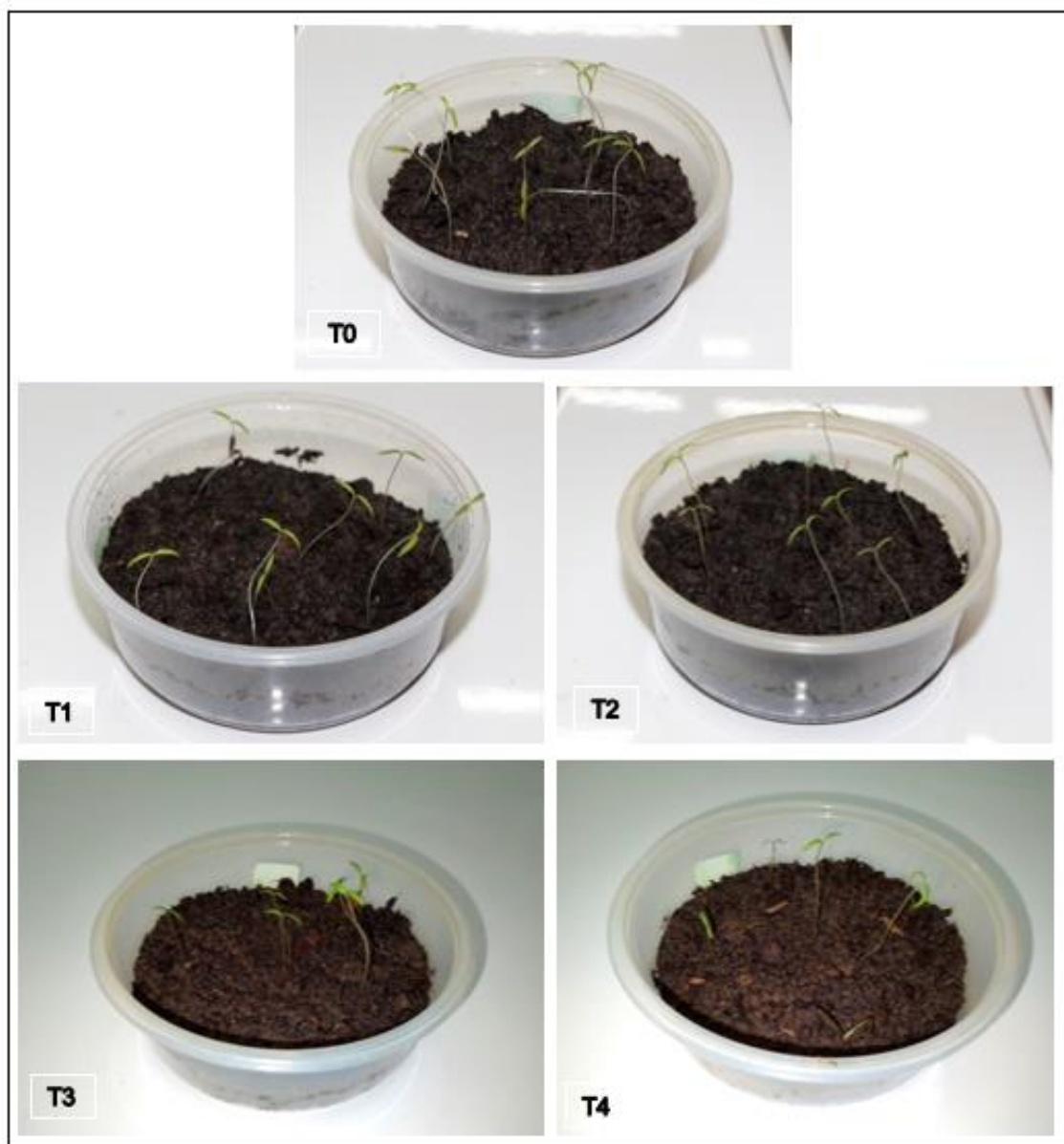


Figura 60. Bioensayo con extracto acuoso de *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg. – *Bidens pilosa* L. (con sustrato), a los 14 días después de la siembra.

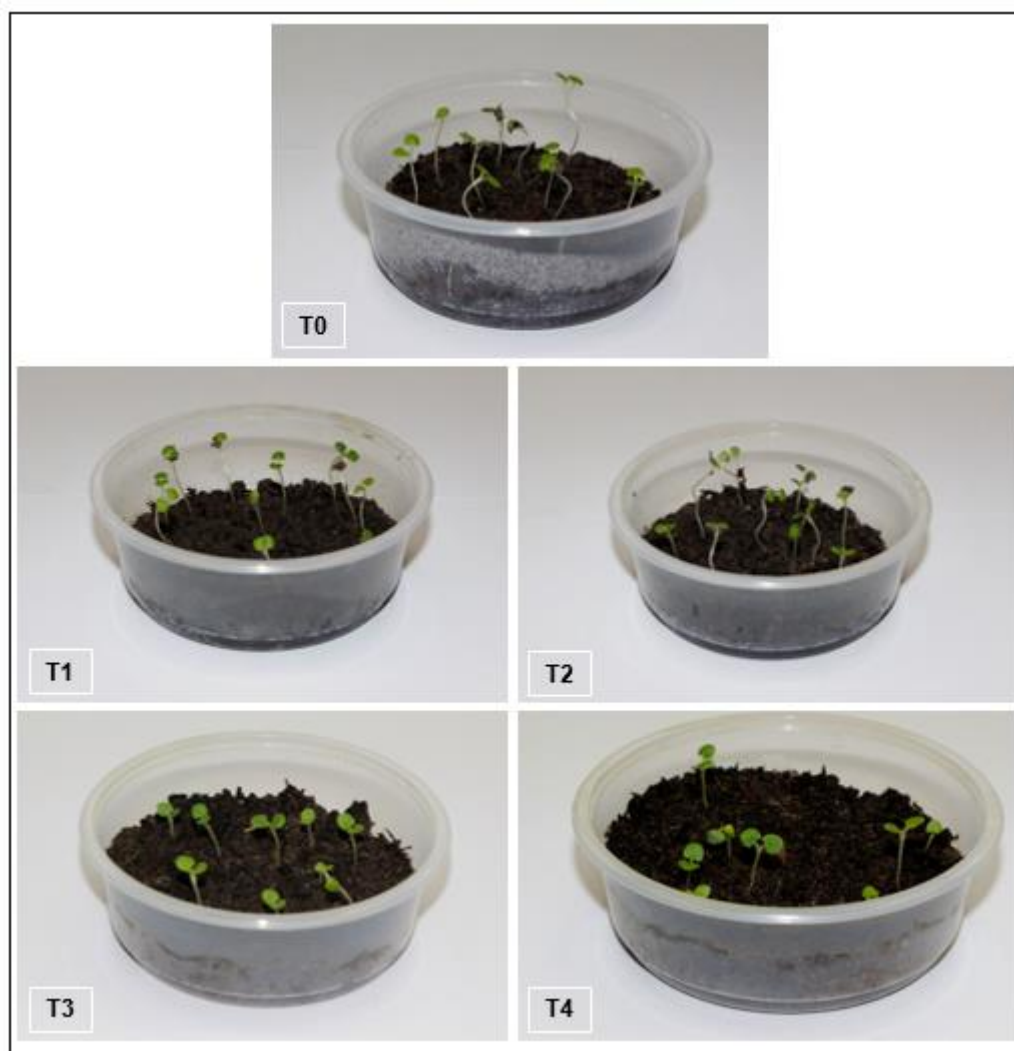


Figura 61. Bioensayo con extracto acuoso de *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg. – *Ruellia* sp. (con sustrato), a los 7 días después de la siembra.

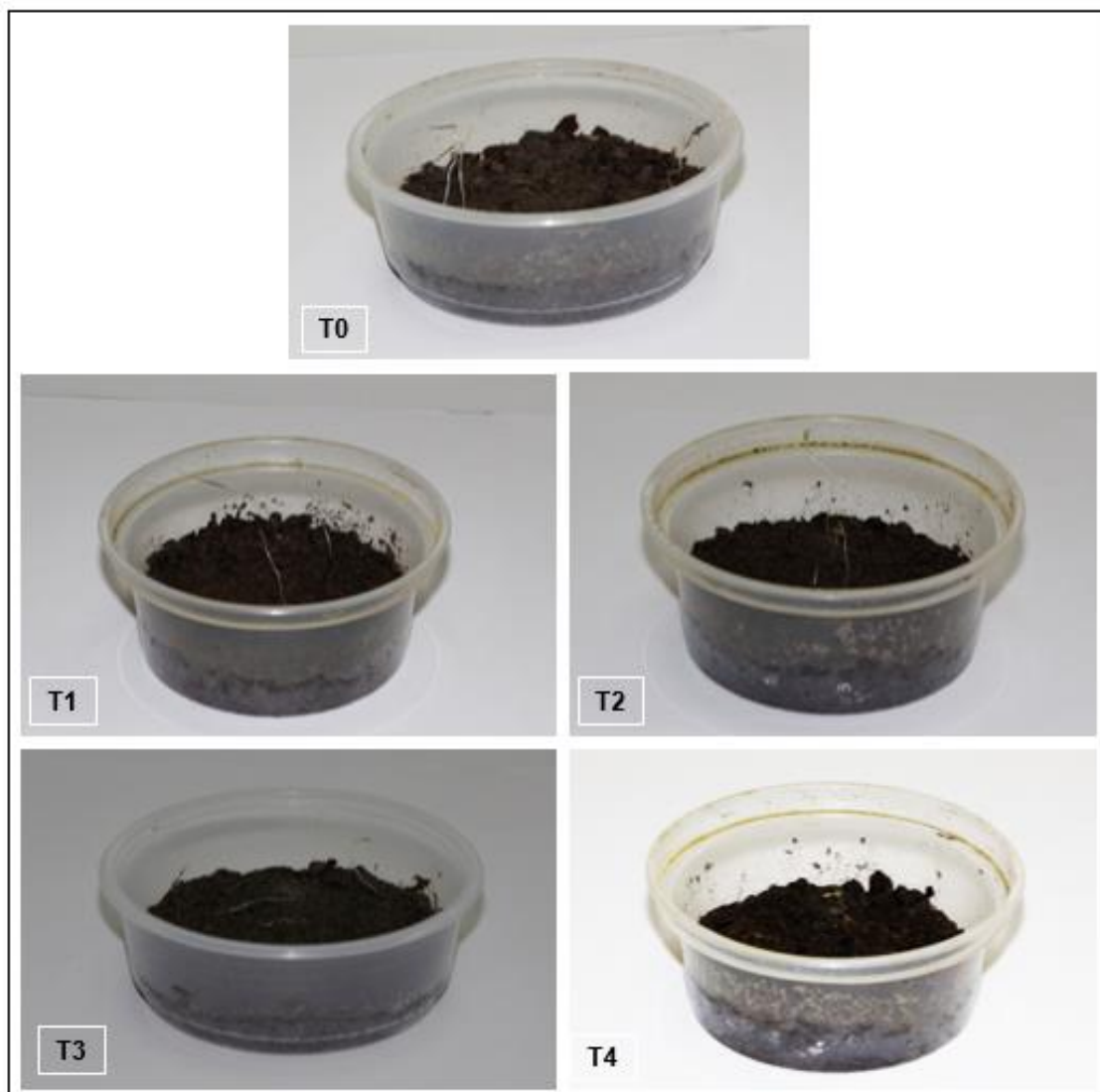


Figura 62. Bioensayo con extracto acuoso de *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg. – *Crassocephalum* sp. (con sustrato), a los 7 días después de la siembra.