

	UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-06	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	1 de 1

Neiva, 24 de enero de 2018

Señores
CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN
UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
Ciudad

El (Los) suscrito(s):

Leidy Johana Vivas Losada, con C.C. No. 1.075.285.165

Leidy Nataly Viveros Vidal, con C.C. No. 1.075.289.060

autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado: Leidy Johana Vivas Losada y Leidy Nataly Viveros Vidal.

Titulado: Análisis mediante cromatografía de gases, espectrometría de masas y evaluación de la actividad alelopática de los extractos hidrolizados de la especie *Ipomoea Purpúrea* L. ROTH, presentado y aprobado en el año 2018 como requisito para optar al título de

Licenciadas en Ciencias Naturales: Física, Química y Biología;

Autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que, con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales "open access" y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: Leidy Johana Vivas L.

Firma: Leidy Nataly Viveros V

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.

	UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS				   		
CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	1 de 3

TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: Análisis mediante cromatografía de gases, espectrometría de masas y evaluación de la actividad alelopática de los extractos hidrolizados de la especie *Ipomoea Purpúrea* L. ROTH.

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Vivas Losada	Leidy Johana
Viveros Vidal	Leidy Nataly

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Castañeda Gómez	Jhon Fredy

ASESOR (ES):

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Licenciadas en Ciencias Naturales: Física, Química y Biología.

FACULTAD: De Educación.

PROGRAMA O POSGRADO: Ciencias Naturales.

CIUDAD: Neiva

AÑO DE PRESENTACIÓN: 2018

NÚMERO DE PÁGINAS: 117

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

Diagramas___ Fotografías ☒ Grabaciones en discos___ Ilustraciones en general___ Grabados___
Láminas___ Litografías___ Mapas___ Música impresa___ Planos___ Retratos___ Sin ilustraciones___
Tablas o Cuadros ☒

SOFTWARE requerido y/o especializado para la lectura del documento:

Vigilada mieducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.

	UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS						
	DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	2 de 3

MATERIAL ANEXO:

PREMIO O DISTINCIÓN (En caso de ser LAUREADAS o Meritoria):

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

Español

1. Especie vegetal *Ipomoea purpúrea*.
2. Resinas glicosídicas.
3. Cromatografía de gases.
4. Espectrometría de masas.
5. Actividad alelopática.

Inglés

Species *Ipomoea purpurea*.
Resin glycosides.
Gas chromatography.
Mass spectrometry.
Allelopathic activity.

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

La especie *Ipomoea purpúrea* es una enredadera catalogada como planta invasora en cultivos de café, afectando de una u otra forma estos cultivos emblemáticos a nivel nacional. En el presente documento, se describen la composición de las resinas glicosídicas presentes en la especie *Ipomoea purpúrea* y su evaluación biológica para determinar su responsabilidad en el efecto alelopático de esta planta.

Para cumplir a cabalidad la propuesta investigativa, fue necesario la colecta del material vegetal, su secado y pulverizado, preparación de los extractos, el empleo de la cromatografía en capa fina y pruebas cualitativas, hidrólisis alcalina y ácida a los extractos ricos en resinas glicosídicas para la liberación de los ácidos orgánicos y las unidades monosacáridas, sililación de estándares de azúcar y mezcla de azúcares y el análisis por CG-MS.

Se logró demostrar que los extractos hexánico y metanólico están constituidos de resinas glicosídicas, compuestas por cinco ácidos orgánicos y cinco tipos de azúcares; encontrándose para el extracto hexánico los ácidos octanóico, decanóico y hexadecanóico, y para el extracto metanólico, adicional a los anteriores, los ácidos tíglico y dodecanóico; en cuanto a los azúcares identificados para ambos extractos se identificaron: la D-glucosa, L-ramnosa, D-quinovosa, D-xilosa y D-fucosa, considerando a esta especie, como una de las que mayor variedad de azúcares contiene.

Para la evaluación de la actividad alelopática se determinó que, de los seis tratamientos empleados, el extracto metanólico presentó un efecto significativo, promoviendo el crecimiento radicular de las semillas de lechuga y tomate en comparación con los otros tratamientos.

	UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	3 de 3

ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

The species *Ipomoea purpurea* is a vine classified as an invasive plant in coffee crops, affecting in one way or another these emblematic crops nationwide. In this document, the composition of the glycosidic resins present in the *Ipomoea purpurea* species and their biological evaluation are described to determine their responsibility in the allelopathic effect of this plant.

To fully comply with the research proposal, it was necessary to collect the plant material, dry and spray it, prepare the extracts, use thin-layer chromatography and qualitative tests, alkaline and acid hydrolysis to the extracts rich in glycosidic resins for the release of organic acids and monosaccharide units, silylation of sugar standards and mixture of sugars and analysis by CG-MS.

It was demonstrated that the hexane and methanolic extracts are constituted by glycosidic resins, composed of five organic acids and five types of sugars; being found for the hexane extract the octanoic, decanic and hexadecanoic acids, and for the methanolic extract, in addition to the previous ones, the tíglico and dodecanóico acids; Regarding the sugars identified for both extracts were identified: D-glucose, L-rhamnose, D-quinovosa, D-xylose and D-fucose, considering this species as one of the largest variety of sugars.

For the evaluation of the allelopathic activity it was determined that, of the six treatments used, the methanolic extract had a significant effect, promoting the root growth of the lettuce and tomato seeds in comparison with the other treatments.

APROBACION DE LA TESIS

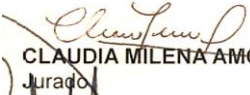
Nombre Presidente Jurado:

Firma:


JUAN MANUEL PEREA ESPITIA
 Jefe de Programa

Nombre Jurado:

Firma:


CLAUDIA MILENA AMORCHO C.
 Jurado

Nombre Jurado:

Firma:


LUZ MARINA BOTERO R.
 Jurado

Vigilada mieducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.

**Análisis Mediante Cromatografía de Gases, Espectrometría de Masas y
Evaluación de la Actividad Alelopática de los Extractos Hidrolizados de la Especie
Ipomoea Purpúrea L. ROTH**

Presentado por:

Leidy Johana Vivas Losada

Cód. 20112105158

Leidy Nataly Viveros Vidal

Cód. 20121109917



**Facultad de Educación
Licenciatura en Ciencias Naturales: Física, Química y Biología
Neiva Huila, Colombia
2018**

**Análisis Mediante Cromatografía de Gases, Espectrometría de Masas y
Evaluación de la Actividad Alelopática de los Extractos Hidrolizados de la Especie
Ipomoea Purpúrea L. ROTH**

**Trabajo de Grado para Optar al Título de
Licenciado en Ciencias Naturales: Física, Química y Biología**

Presentado por:

Leidy Johana Vivas Losada

Cód. 20112105158

Leidy Nataly Viveros Vidal

Cód. 20121109917

Asesor

Jhon Fredy Castañeda Gómez, Ph.D.



**Facultad de Educación
Licenciatura en Ciencias Naturales: Física, Química y Biología
Neiva Huila, Colombia
2018**

Análisis Mediante Cromatografía de Gases, Espectrometría de Masas y Evaluación de la Actividad Alelopática de los Extractos Hidrolizados de la Especie *Ipomoea Purpúrea* L. ROTH.

Por

Vivas Losada Leidy Johana

Viveros Vidal Leidy Nataly

Aprobado por los jurados:

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Enero de 2018

Dedicado:

A Dios, por ser mi guía y permitirme vivir esta vida con salud al lado de las personas que amo, siendo todo lo que necesito para ser feliz.

A mis papás, Ismael Vivas y Elizabeth Losada, por ser las personas que más amo, por dedicarme su tiempo, su esfuerzo, por consentirme, por demostrarme lo que es el amor puro, por ser mis ejemplos por seguir, por enseñarme a siempre ser responsable, correcta y honesta, por acompañarme en todo este proceso y por apoyarme siempre.

A mi tía Marleny, por ser mi apoyo incondicional, por colaborarme en todo, entenderme y quererme, por sus enseñanzas, sus consejos y su dedicación.

A toda mi familia, quienes me demuestran siempre su amor, por siempre sacarme sonrisas, por estar a mi lado incondicionalmente y por siempre darme los mejores consejos.

A mis amigas, Andrea y Yeka por tantos años de amistad, por entenderme, por apoyarme y acompañarme en todos los momentos importantes de mi vida, por sus risas, por sus consejos, por valorarme como amiga y por enseñarme lo que es la verdadera amistad.

A mis amigos de la universidad, por acompañarme en este proceso tan importante, por las sonrisas, por la diversión, la confianza y por compartirme cada uno un poco de su conocimiento.

L.J.V.L

Dedicado principalmente a Dios y a mi mamá Luz Dary Viveros, por su apoyo incondicional, su esfuerzo constante y por cada una de sus enseñanzas.

A mi familia y amigos por aportar de una u otra forma en este proceso.

L.N.V.V

Agradecimientos

Agradecemos al laboratorio de análisis instrumental de la universidad del Quindío, por prestarnos sus instalaciones y equipos de trabajo, de manera muy especial a la magister Paula Andrea Charry Sánchez por su acompañamiento en este proceso, su apoyo incondicional, sus consejos, sus recomendaciones, su dedicación y compromiso, de igual forma a su equipo de trabajo; a la licenciada Yeimis Montealegre por su interés y colaboración constante en el laboratorio de las instalaciones de la universidad Surcolombiana y al Ph.D. Jhon Freddy Castañeda Gómez, profesor y tutor de este trabajo, por su asesoría, paciencia, acompañamiento constante, esfuerzo, por sus enseñanzas, y dedicación.

Tabla de Contenido

1.	Planteamiento del problema	15
2.	Antecedentes.....	16
2.1.	Antecedentes Internacionales	16
2.2.	Antecedentes Nacionales	22
3.	Justificación	24
4.	Marco Teórico	25
4.1	Alcaloides Presentes en las Especies de la Familia Convolvuláceae y el Género Ipomoea	26
4.2	Métodos de Extracción:	29
4.2.1	Cromatografía	29
4.2.2	Cromatografía de capa fina	29
4.2.3	Cromatografía de gases	30
4.2.4	Espectrometría de masas	30
4.2.5	Análisis por sililación	31
5.	Objetivos.....	32
5.1.	General	32
5.2.	Específicos	32
6.	Metodología.....	33
6.1	Colecta del Material Vegetal	33
6.2	Preparación de los Extractos	33
6.3	Análisis de las Resinas Glicosídicas mediante Reacciones de Identificación y por Cromatografía en Capa Fina	34
6.4	Hidrólisis Alcalina de los Extractos Ricos en Resinas Glicosídicas	35
6.5	Hidrólisis Ácida de los Extractos Ricos en Resinas Glicosídicas	35

6.6 Derivatización de Azúcares mediante Sililación	36
6.7 Cromatografía de Gases Acoplada a Espectrometría de Masas para la Identificación de los Ácidos Orgánicos y los Sililazúcares	37
6.8 Evaluación Alelopática de Lactuca Sativa (Lechuga) y Solanum lycopersicum (Tomate).....	37
7. Resultados y Discusión.....	39
7.1. Colecta de Material Vegetal	39
7.2. Análisis de las Resinas Glicosídicas Mediante Reacciones de Identificación y por Cromatografía en Capa Fina	43
7.3. Examen Preliminar de los Extractos para la Identificación de Azúcares....	45
7.4. Análisis de la Hidrólisis Alcalina de los Extractos Rico en Resinas Glicosídicas.	46
7.5. Análisis de los Ácidos Orgánicos Mediante Cromatografía de Gases CG- MS.	47
7.6. Análisis de la Hidrólisis Ácida de los Extractos Ricos en Resinas Glicosídicas	49
7.7. Derivatización de Azúcares Mediante Sililación	51
7.8. Análisis por Cromatografía de Gases Acoplada a Espectrometría de Masas de los Azúcares Sililados.....	51
7.9. Actividad Alelopática.....	57
7.10. Análisis Estadístico.....	59
8. Conclusiones.....	75
9. Referencias	76
ANEXOS	79

Índice de Tablas

Tabla 1. Antecedentes Internacionales sobre la Familia convolvuláceae.	16
Tabla 2. Antecedentes Nacionales sobre el Género <i>Ipomoea</i>	22
Tabla 3. Cantidad de los extractos obtenidos de la especie <i>Ipomoea Purpúrea</i>	43
Tabla 4. Resultados de las pruebas preliminares de los extractos Hexánico, Clorofórmico y Metanólico de la especie <i>Ipomoea Purpúrea</i>	45
Tabla 5. Ácidos grasos identificados pertenecientes a la especie <i>Ipomoea Purpúrea</i>	49
Tabla 6. Pruebas de los efectos inter-sujetos	61
Tabla 7. Comparaciones múltiples.	61
Tabla 8. Pruebas de normalidad	65
Tabla 9. Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error ^a	66
Tabla 10. Pruebas de los efectos inter-sujetos 2, longitud radicular.	67
Tabla 11. Comparaciones múltiples de Fisher	68
Tabla 12. Pruebas de normalidad	71
Tabla 13. Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error	72

Índice de Graficas

Grafica 1. Dispersión de variabilidad heterogénea.....	60
Grafica 2. Medias marginales estimadas de la longitud radicular.....	64
Grafica 3. Distribución normal de la longitud radicular.....	65
Grafica 4. Dispersión sin homocedasticidad.	66
Grafica 5. Dispersión de los tratamientos.....	67
Grafica 6. Medias marginales estimadas de longitud radicular.....	70
Grafica 7. Distribución normal de la longitud radicular 2.....	72
Grafica 8. Dispersión supuesto de homocedasticidad.	74

Índice de Figuras

Figura 1. Carbohidratos comunes de las resinas glicosídicas.	26
Figura 2. Especie <i>Ipomoea purpúrea</i> (L.) Roth. (Convolvulaceae, s.f.).....	29
Figura 3. Obtención de extractos	34
Figura 4. Cosecha de Café, municipio de la Argentina, Huila	39
Figura 5. (A) Especie <i>Ipomoea Purpúrea</i> L. Roth en cosecha de café ubicada en el municipio de la Argentina-Huila, vereda Betania. (B) Evidencia de la recolecta de las partes aéreas de la especie <i>Ipomoea Purpúrea</i> L. Roth. En la zona cafetera del municipio de la Argentina, Huila. .	40
Figura 6. (A) Especie <i>Ipomoea Purpúrea</i> L Roth. Recolectada. (B) Partes aéreas secas de la especie <i>Ipomoea Purpúrea</i> L Roth. después de 15 días a temperatura ambiente y sol directo. (C) Secado de partes aéreas en horno de la Universidad Surcolombiana de Neiva.....	41
Figura 7. (A) Proceso de pulverización realizado en el municipio de Santa María, Huila. (B) Material pulverizado total de las partes aéreas de la especie <i>Ipomoea Purpúrea</i> L Roth.	41
Figura 8. (A) Partes aéreas pulverizadas y adicionadas a Erlenmeyer de 1000 mL. (B) Material pulverizado concentrado con disolvente. (C) Filtrado con gasa estéril del material concentrado con disolvente. (D) Proceso de rotaevaporación para recuperación de disolvente.....	42
Figura 9. Extractos de la especie <i>Ipomea Purpúrea</i> L Roth, con disolventes (A) Hexánico, (B) Clorofórmico y (C) Metanólico.	43
Figura 10. Extractos Hexánico, Metanólico y Clorofórmico diluido en sus mismos disolventes	44
Figura 11. (A) Placa de sílica gel con extractos, sumergida en hexano-acetona. (B) Placa de sílica gel con extractos y revelador sulfato sérico. (C) Placa de sílica gel con extractos, revelador sulfato cérico en plancha. (D) Resultados del arrastre de las resinas glicosídicas.....	444
Figura 12. (A) Extractos de la especie <i>Ipomoea Purpúrea</i> L. Roth. en ácido acético. (B) Extractos con ácido acético y cloruro férrico. (C) Extractos con ácido acético, cloruro férrico y ácido clorhídrico (muestra final).....	45
Figura 13. Proceso de reflujo de los extractos hexánico y metanólico (A), acidificación pH 5.0 con HCl 5% (B), Extracción cloroformo (2X60 mL) (C), secado con Na ₂ SO ₄ anhidro (D), fase orgánica resultante (E).	47
Figura 14. Cromatograma de los ácidos orgánicos volátiles del extracto Hexánico	48
Figura 15. Cromatograma de los ácidos orgánicos volátiles del extracto Metanólico	48

Figura 16. Proceso de reflujo del extracto cloroformo y hexánico (A), extracción por cloroformo (2 x 40mL) (B), neutralización de la fase acuosa con KOH 1 N (C), Extracción con <i>n</i> -Butanol (2 x 55mL) (D), eliminación de disolvente por rotaevaporación (E), azúcares resultantes del proceso de hidrólisis ácida (F).....	50
Figura 17. Cisteína, piridina y cloruro de trimetilsilano (A), proceso de reflujo (B), producto de sililación (C).....	51
Figura 18. Cromatograma de la D-glucosa sililada.	52
Figura 19. Cromatograma de la L-ramnosa sililada.....	52
Figura 20. Cromatograma de la D-quinovosa sililada.	53
Figura 21. Cromatograma de la D-xilosa sililada.	53
Figura 22. Cromatograma de la D-fucosa sililada	54
Figura 23. Espectro de masas de la pentatrimetilsilil D-glucosa.	55
Figura 24. Rutas de fragmentación característica de la pentatrimetilsilil D-glucosa.	55
Figura 25. Cromatograma de los azúcares presentes en el extracto Hexánico.	56
Figura 26. Cromatograma de los azúcares presentes en el extracto Metanólico.	57
Figura 27. Tabla de Germinación de semillas de lechuga (<i>Lactuca Sativa</i>) y tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>), sometidas a 6 tratamientos.	58
Figura 28. Efecto causado por cada uno de los tratamientos en las plántulas de lechuga (<i>Lactuca sativa</i>).....	59

Resumen

En el presente documento, se describen los resultados obtenidos por cromatografía de gases, y espectrometría de masas de los extractos hidrolizados de la especie *Ipomoea purpúrea* para la identificación de las resinas glicosídicas, y su evaluación biológica para determinar su responsabilidad en el efecto alelopático de esta planta trepadora. Siendo las resinas de carácter anfipático, el análisis correspondió a la identificación de los ácidos orgánicos correspondientes a la porción hidrofóbica (ésteres), y a los azúcares correspondientes a la porción hidrofílica (núcleo de azúcares). La especie *Ipomoea purpúrea* conocida coloquialmente como “campanilla morada”, es una enredadera que crece en diferentes partes del país y de la región del Huila, siendo una planta invasora en cultivos de café, afectando de una u otra forma este tipo de cultivos, que son emblemáticos a nivel nacional.

Para el aislamiento y la identificación de los azúcares y los ácidos grasos fue necesario la colecta del material vegetal, su secado y pulverizado, preparación de los extractos con disolventes de polaridad variada, el empleo de la cromatografía en capa fina y pruebas cualitativas con reactivos específicos, hidrólisis alcalina y ácida a los extractos ricos en resinas glicosídicas para la liberación de los ácidos orgánicos y las unidades monosacáridas, sililación de estándares de azúcar y mezcla de azúcares obtenido de la hidrólisis ácida, y el análisis por CG-MS.

Mediante los resultados obtenidos de la parte experimental se logró demostrar que los extractos hexánico y metanólico de las partes aéreas de la especie *Ipomoea purpúrea*, están constituidos de resinas glicosídicas, compuestas por cinco ácidos orgánicos y cinco tipos de azúcares; encontrándose para el extracto hexánico los ácidos octanóico, decanóico y hexadecanóico, y para el extracto metanólico, adicional a los anteriores, los ácidos tíglico y dodecanóico; en cuanto a los azúcares identificados para ambos extractos se identificaron: la D-glucosa, L-ramnosa, D-quinovosa, D-xilosa y D-fucosa, considerando a esta especie, como una de las que mayor variedad de azúcares contiene.

Para la evaluación de la actividad alelopática se determinó que de los seis tratamientos empleados (agua cristal Postobón, Tween 80 al 1%, Gesaprim, extracto hexánico, clorofórmico y metanólico), el extracto metanólico presentó un efecto significativo, promoviendo el crecimiento

radicular de las semillas de lechuga y tomate en comparación con los otros tratamientos, a pesar de que estos extractos retardaron la germinación de las mismas por un tiempo de 24 horas.

Palabras claves

Especie vegetal *Ipomoea purpúrea*, resinas glicosídicas, cromatografía de gases, espectrometría de masas, actividad alelopática.

Abstract

This document describes the results obtained by gas chromatography, mass spectrometry and the evaluation of the allelopathic activity of the hydrolyzed extracts of the species *Ipomoea purpurea* for the identification of the glycosidic resin of this plant (convolvulaceae). For the analysis was necessary the identification of the organic acids corresponding to the hydrophobic portion (esters) and the sugars, corresponding to the hydrophilic portion (nucleus of sugars) of the resins. *Ipomoea purpurea* is a common vine (purple bell) of Huila region and of this country, and it is considered an invasive plant of emblematic coffee.

For the isolation and identification of sugars of plant material was necessary the collect, dried and pulverized, the preparation of the extracts with solvents of different polarity, the use of thin layer chromatography technique and qualitative test with specific substances, alkaline and acid hydrolysis of extracts rich in resin glycosides to liberate the fatty acids and sugars, silylation monosaccharide's standard and analysis by gas chromatography coupled to mass spectrometry.

Through analysis of results, it was demonstrated that the hexane and methanolic extracts from aerial parts of the species *Ipomoea purpurea* contained resin glycosides with five fatty acids and five type of sugars. So, were found the octanoic, decanoic and hexadecanoic acids for the hexane extract, and, tiglic and dodecanoic acids for the methanolic extract; Regarding of sugars identified for both extracts, the following were found: D-glucose, L-rhamnose, D-quinovosa, D-xylose and D-fucose, considering this species one of the greatest variety of sugars.

For the evaluation of the allelopathic activity, it was determined that of the six treatments used (crystal water postobón, tween 80 at 1%, Gesaprim, hexanic, chloroformic and methanolic extract), that of the methanolic extract had a significant effect, promoting the root growth of the

seeds compared to the other treatments, despite the fact that these extracts delayed the germination of the seeds for 24 h.

Key words. Species *Ipomoea purpurea*, resin glycosides, gas chromatography, mass spectrometry, allelopathic activity.

1. Planteamiento del problema

La especie *Ipomoea purpurea* L. Roth (Convolvulácea) es una enredadera que ha sido considerada como una de las peores malezas de diferentes cultivos, ya que provoca efectos secundarios a las plantas a la cual invade. Según el Comité de Cafeteros, esta especie hace parte de un conjunto de plantas invasoras del Café, que afectan su producción, el desarrollo y el crecimiento de la misma.

La mayoría de las plantas pertenecientes al género *Ipomoea* se reconocen por tener células que producen resinas glicosídicas, que poseen propiedades hemolíticas, antibacterianas, antifúngicas y citotóxicas (J. Castañeda Gómez., 2010). En la literatura científica no hay información acerca de los compuestos responsables de la actividad alelopática de esta especie vegetal, ni tampoco se conoce la composición química de sus resinas glicosídicas polares (solubles en metanol). Sin embargo, hay pocos reportes sobre el aislamiento e identificación de las resinas glicosídicas poco polares (solubles en hexano, cloroformo o éter) y las cuales fueron obtenidas por extracción con cloroformo. Por lo tanto, surge la necesidad de evaluar el efecto alelopático y conocer si las resinas glicosídicas son las responsables de tal efecto en la planta.

Por tal razón, surge la siguiente pregunta: ¿Son las resinas glicosídicas las responsables del efecto alelopático de la especie *Ipomoea purpurea* L. Roth?

2. Antecedentes

2.1. Antecedentes Internacionales

Tabla 1. Antecedentes Internacionales sobre la Familia Convolvulaceae.

TÍTULO Y AUTOR	OBJETIVOS	METODOLOGÍA	CONCLUSIONES
1. Infestación de especies de malezas en el café convencional o intercalo con banana, bajo sistema agroecológico (concenço, 2014).	Comparar la infestación de malezas en el cultivo de café bajo dos tipos de manejo: el café convencional solo o intercalado con plantaciones de banano durante todo el año (finales de la primavera, fines del verano, finales del otoño y finales del invierno).	Las evaluaciones de la presencia de malezas se realizaron tres años después del empleo en ambos sistemas de cultivo, y se cuantificó la densidad, frecuencia, dominancia y el valor de importancia para cada especie de planta en cada sistema y estación. La diversidad de plantas dentro de cada sistema fue estimada por los índices Simpson y Shannon-Weiner. La similitud entre los sistemas de cultivo también se evaluó por el coeficiente de similitud	La infestación absoluta y las especies espontáneas diferían entre los dos sistemas de cultivo en todas las estaciones. La diversidad total de especies es mayor en el monocultivo en comparación con el cultivo intercalado, y se asocia en este estudio con la mayor incidencia de especies problemáticas. Las áreas fueron similares en términos de composición de malezas sólo en el otoño. El sombreado proporcionado por los plátanos demuestra ser una gestión eficiente con el objetivo de suprimir las malas hierbas en los sistemas de plantación agroecológica.

		asimétrica binaria de Jaccard.	
--	--	--------------------------------	--

... continuación Tabla1.

TÍTULO Y AUTOR	OBJETIVOS	METODOLOGÍA	CONCLUSIONES
2. La sequía limita la inducción de trepado por daño foliar en la planta trepadora (convolvuláceae) (Atala, 2009).	Investigar el efecto de la sequía sobre la inducción de trepado en la trepadora anual <i>Ipomoea purpúrea</i> (Convolvuláceae), planta que en condiciones naturales puede experimentar estrés por sequía.	En un experimento de invernadero, se registró una tasa de enredo (proporción de planta que se enredan exitosamente en un tiempo dado) de plantas dañadas y no dañadas de <i>I. purpúrea</i> , expuestas a tratamiento de riegos de control y sequía. También se estimó la tasa de crecimiento y el contenido hídrico de la talla, justo después de la evaluación del trepado.	Las plantas en el tratamiento de sequía mostraron una reducción en la inducción de trepado por daño foliar comparado con plantas control. Ni la tasa de crecimiento ni el contenido hídrico se afectaron por el daño foliar o la sequía. Los resultados sugirieron que la sequía limita la inducción de trepado por medio de mecanismos no directamente relacionados con el crecimiento y el contenido hídrico del tallo.
3. El Florule invasor cultura del café (Coffea arabica L.) en	Proporcionar referencias para la identificación de las	Se recogieron y se identificaron 388 especies de plantas	El café es una planta exigente en cuanto a suelo, este requiere ser

el estado de Minas Gerais, Brasil (Losada, Brandao, & Laca., 1989).	malas hierbas (plantas invasoras de cultivos), que compiten con el cultivo de café en Minas Gerais.	invasoras, pertenecientes a 51 familias botánicas, lo que representa 182 géneros, y la familia de las Compuestas, gramíneas, leguminosas, Malvaceae, Solanaceae, Euphorbiaceae, Rubiaceae, Amaranthaceae, Convolvuláceae y Verbenaceae.	fértil y bien drenado, como Podzolic y Oxisoles. Debido a esta misma fertilidad, ocupan zonas de climas más suaves en el estado, estos factores afectan a la aparición de un mayor número de plantas invasoras, cuando se compara con otros cultivos.
4. Éxito reproductivo y calidad de los frutos de <i>Ipomoea purpúrea</i> (convolvuláceae) en poblaciones del extremo sur (Galetto, Fioni, & Calviño, 2002).	Evaluar la producción de frutos y semillas en <i>Ipomoea purpúrea</i> en relación con diferentes tratamientos de polinización (autopolinización espontánea, autopolinización manual y polinización cruzada), durante	La masa de los frutos, de las semillas y el número de semillas por fruto, se comparó entre tratamientos y entre años, a fin de detectar diferencias en la calidad de los frutos.	Un fruto maduro pesa 0,1 g y contiene 4-6 semillas; la masa del total de semillas producidas por un fruto representa alrededor del 60% de la masa total del fruto. Los caracteres de los frutos y las semillas no presentaron diferencias significativas entre años o tratamientos.

	dos temporadas reproductivas.		
--	-------------------------------	--	--

... Continuación Tabla 1.

TÍTULO Y AUTOR	OBJETIVOS	METODOLOGÍA	CONCLUSIONES
5. Tecnologías sostenibles de preparación del suelo en la producción de boniato (<i>Ipomoea batatas</i> lam) (Font-Rodríguez, 2014)	Evaluar cuatro tecnologías de preparación del suelo: Laboreo tradicional con tracción mecánica (T1), Laboreo tradicional con tracción animal (T2), Laboreo mínimo multiarado 6 en 1 y surca con tracción animal (T3) y Laboreo mínimo surca con tracción animal (T4) sobre algunos componentes del rendimiento en la producción del boniato (<i>Ipomoea batatas</i> Lam) con	Se montaron dos experimentos, uno en la época de frío septiembre 2012 a febrero 2013, período óptimo, con una distancia de siembra de 0.90 m de camellón por 0.23 m de narigón; el segundo, en la campaña de primavera comprendida de marzo a agosto 2013, período no óptimo, con una distancia de siembra de 0.90 m por 0.30 m. El suelo donde se realizó la investigación aparece clasificado como Fluvisol Haplic en el sistema internacional. El diseño experimental utilizado	El sistema de laboreo con multiarado 6 en 1 y surca (T3) obtuvo los mejores resultados en las variables de los componentes del rendimiento del cultivo. El rendimiento del cultivo fue superior en el sistema de laboreo mínimo con multiarado 6 en 1 y surca (T3), con respecto al laboreo mínimo surca (T4), al laboreo tradicional con tracción animal (T2) y al laboreo tradicional con tracción mecánica (T1), respectivamente. El menor valor corresponde a la tecnología tradicional con tracción mecánica.

	CEMSA 78-354 en un suelo Fluvisol Haplic, con textura loam arenoso en dos épocas de siembra	fue completamente aleatorizado con cuatro tratamientos y cuatro replicas.	El sistema de laboreo mínimo con multiarado 6 en 1 y surca (T3) arrojó menor gasto y a su vez las ganancias totales son superiores para ambos períodos experimentales.
--	---	---	--

6. Evaluación del comportamiento postcosecha de la batata (<i>Ipomea batatas</i> (L.) lam) en condiciones de almacenamiento comercial (García, Perez, & Gracia., 2014).	Conocer el tiempo de vida útil en la batata (<i>Ipomoea batatas</i> (L.) Lam) para su comercialización, bajo condiciones de almacenamiento a temperatura ambiente y refrigeración comercial.	Se determina en cada condición de almacenamiento, la pérdida de peso diaria (PD) y total (PT), cambios texturales, tipos de daños y el peso específico como indicador de la calidad de frescura. El análisis comparativo de estas variables en función de la buena calidad del producto en el máximo tiempo de anaquel, permite establecer el límite de	El ensayo demostró que las batatas, son productos perecederos con un metabolismo muy activo después de la cosecha, con mermas de peso promedio de 17,57 %/semana a temperatura ambiente, siendo menores en refrigeración (4,69 %/semana).
--	---	--	---

7. Resin Glycosides. XVI. Marubajalapins I-VII, New Ether-Soluble Resin Glycosides from <i>Pharbitis purpúrea</i> Resin Glycosides XVII. Marubajalapins VIII-XI, Jalapins from the Aerial Part of <i>Pharbitis purpúrea</i>	Aislar e identificar las resinas glicosídicas poco polares de las partes aéreas de <i>Pharbitis purpúrea</i>	comercialización (LC) como tiempo referencial de vida útil. Se llevó a cabo el aislamiento de las resinas glicosídicas empleando metanol. Luego se realizó una extracción con CHCl₃-MeOH-H₂O. La fase clorofórmica fue separada por cromatografía de columna abierta con mezcla de disolventes para dar 7 fracciones. La fracción 7 (2.34g) fue sometida a hidrólisis alcalina para la identificación de los ácidos orgánicos y los ácidos glicosídicos. La fracción 7 fue purificada mediante HPLC en fase reversa. Los compuestos fueron identificados mediante técnicas espectroscópicas y	Se aislaron nuevas resinas glicosídicas denominadas marubajalapinas I-XI derivadas del ácido operculínico E. Pentasacáridos con glucosa y ramnosa esterificados por los ácidos octanóico, decanóico y el 11S-hidroxihexadecanóico.
---	---	---	---

		espectrométricas FABMS.	
--	--	----------------------------	--

2.2. Antecedentes Nacionales

Tabla 2. Antecedentes Nacionales sobre *Ipomoea purpúrea*.

TÍTULO Y AUTOR	OBJETIVOS	METODOLOGÍA	CONCLUSIONES
1. Caracterización ecológica y fitoquímica de la batatilla <i>Ipomoea</i> <i>Purpúrea</i> L. Roth (Solanales, convolvuláceae) en el municipio de Manizales (Arias, 2011).	Realizar una caracterización ecológica (insectos asociados, flora acompañante) y fitoquímica de las sustancias presentes en semillas de <i>Ipomoea purpúrea</i> L. Roth.	Se ubicaron focos silvestres de la planta y se establecieron parcelas de observación con plantas obtenidas de un germinador para caracterizar, a través de su ciclo de vida, su interacción con el ecosistema cafetero. Se realizó un análisis bromatológico de las semillas para identificar sus compuestos fitoquímicos. Se realizó extracción de sus componentes alcaloides a nivel de laboratorio y se probó su utilidad agrícola preliminar mediante aplicaciones	Se pudo determinar que las arvenses acompañantes más representativas son plantas dicotiledóneas que pertenecen a la familia Asteraceae. Los insectos asociados más representativos fueron en su mayoría hemípteros y coleópteros y destacándose insectos de las familias <i>Thripidae</i> , <i>Staphylinidae</i> , <i>Acrididae</i> , <i>Chrysomelidae</i> , <i>Cicadellidae</i> y <i>Noctuidae</i> . Los grandes contenidos de metales pesados Hierro, Zinc, Manganeso y Cobre,

		sobre un insecto de interés agronómico, <i>Cosmopolites sordidus</i> Germar (picudo negro del plátano), bajo condiciones controladas.	arrojados por el análisis bromatológico sugieren una posible detoxificación del suelo al acumular estos compuestos en las semillas de <i>Ipomoea purpurea</i> L. Roth. La efectividad del extracto sobre la plaga (picudo negro), y los cambios de comportamiento, definieron la utilidad biocida de las sustancias contenidas en las semillas de <i>Ipomoea purpurea</i>, planta considerada agresiva y con pocas utilidades reportadas.
--	--	--	--

3. Justificación

Los glicósidos se originan por el metabolismo secundario de las plantas y se componen de dos partes; una inactiva que consiste en un azúcar o glúcido (glucosa), el cual tiene efectos favorables en la absorción y solubilidad del glicósido; y otra activa, designada aglucón o genina que es la utilizada con carácter terapéutico y que puede ser un alcohol u otro compuesto orgánico (Naturisima, 2017).

Estudios realizados por Anaya et al. (1990) evidencian que la especie *Ipomoea tricolor* Cav presenta resinas glicosídicas, las cuales, radican principalmente en el potencial alelopático de la misma, demostrando de esta manera propiedades medicinales (purgante) y alucinógenas. Los extractos de las hojas de *Calonyction aculeatum* mostraron un efecto de promover el crecimiento y el rendimiento de varias batatas, cacahuates, maní y trigo (J. Castañeda Gómez., 2010).

Por otro lado, Castañeda et al. (1992) identifica algunos compuestos aislados haciendo referencia a los terpenoides y flavonoides; donde los monoterpenos y sesquiterpenos, son los terpenoides más comunes involucrados con efectos alelopáticos tanto en plantas como en microorganismos (Lang, 2003).

De acuerdo con lo anterior y debido a que no se encuentran estudios amplios de la especie *Ipomoea purpurea* L. Roth, el propósito de este proyecto investigativo es reconocer los componentes fitoquímicos relacionados con la actividad antigerminativa e inhibición radicular de los extractos de la misma.

4. Marco Teórico

La familia Convolvuláceae se compone de 50 a 60 géneros con 1600-1700 especies distribuidas por todos los países tropicales, siendo más comunes en las regiones subtropicales de América y Asia (Pérez & Valderrey., 2004). También se han encontrado registros de especies en sabanas, praderas y desiertos. Algunos usos a nivel mundial hacen referencia a que varias especies son empleadas por sus propiedades terapéuticas, como alimento, como ornamento, substitutos de césped y material para floristas. Se han reportado otras actividades biológicas atribuidas a estos oligosacáridos, como son la actividad hemolítica, antibacteriana, antifúngica, reguladora de crecimiento y citotóxica. Eventualmente el uso más antiguo de la familia y que aún perdura en muchos lugares es como purgante (Bonifacino, Rossado, & Souza, 2015).

Esta familia pertenece al reino plantae, división Magnoliophyta, clase Magnoliopsida, orden Solanales y se considera una familia hermana de la Solanaceae. Sus especies presentan hojas simples alternas de enteras a pinnatisectas, sin estipulas, a veces con nectarios en su base, es de inflorescencia cimosa terminal o axilar, en ocasiones se reduce a una flor actinomorfa, pentámera o tetrámera, hermafrodita e hipógina. Cáliz con 4 o 5 sépalos, Corola gamopétala, acampanada. Fruto en cápsula, con 1 o 4 lóculos. Semillas de tamaño medio, globosas o trígonoas; embriones con cotiledones de morfología variable, plegados o espiralados (Linares, 2001).

Los compuestos químicos principales presentes en la familia *Convolvulácea* son las resinas glicosídicas que son metabolitos secundarios, únicos en ella. Las resinas glicosídicas están constituidas por grandes mezclas de glicolípidos como derivados glicosilados de ácidos grasos mono o dihidroxilados de 14 y 16 átomos de carbono, identificados como glicolípidos o lipooligosacáridos (Castañeda-Gómez J C. P.-M., 2013).

Estos compuestos tienen la característica de ser moléculas anfipáticas, la cual es causada por la presencia de un núcleo oligosacárido que constituye la porción hidrofílica de 2 a 6 unidades sacáridas, en donde participan generalmente los carbohidratos L-ramnosa (Ram), D-fucosa (Fuc), D-quinovosa (Qui), D-Xilosa (Xil) y la D-glucosa (Glu) (Figura 1) y una porción hidrofóbica

compuesta por la aglicona que está representada por un ácido graso hidroxilado (Castañeda-Gómez J C. P.-M., 2013).

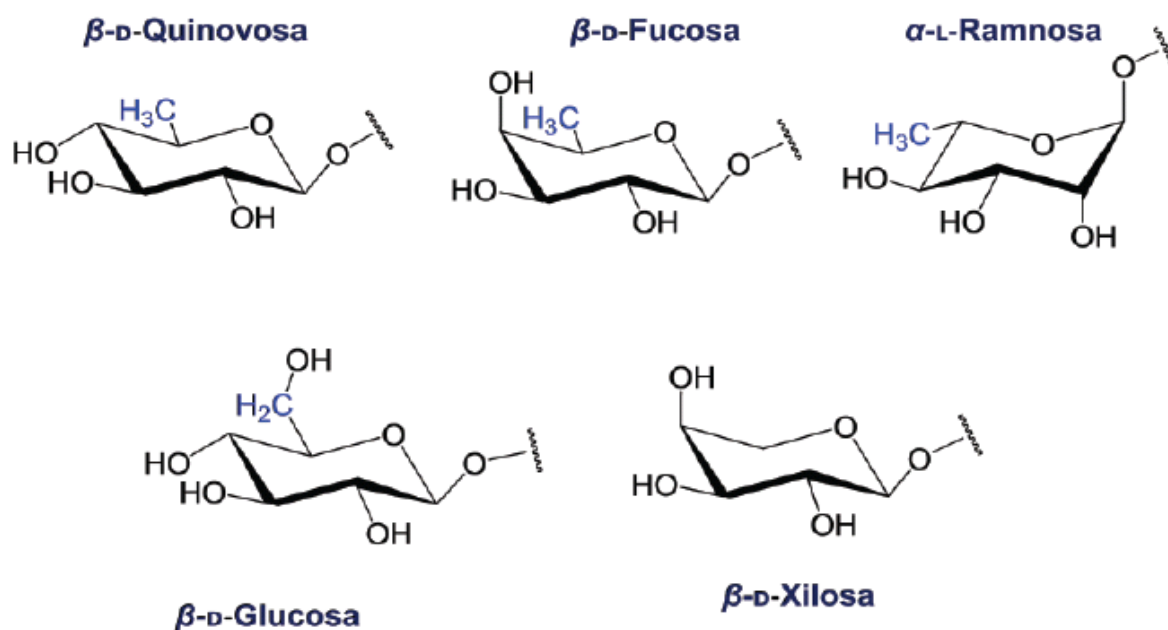


Figura 1. Carbohidratos comunes de las resinas glicosídicas.

La diversidad estructural de las resinas glicosídicas surge de las variaciones en el número y tipo de unidades sacáridas que componen el núcleo oligosacárido, secuencia de glicosidación, posición de lactonización, tipo, número y posición de los ácidos que se encuentran protegiendo al núcleo. Gracias a esto se han podido identificar desde disacáridos hasta heptasacáridos y dímeros tipo éster constituidos por tres a cinco azúcares en cada unidad oligomérica (Castañeda-Gómez J C. P.-M., 2013).

4.1 Alcaloides Presentes en las Especies de la Familia Convolvuláceae y el Género Ipomoea

En la actualidad 22 alcaloides ergolínicos han sido detallados dentro de las Convolvuláceas. Estos alcaloides incluyen: ergina, isoergina, chanoclavina-I, elimoclavina, lisergol, agroclavina, festuclavina, penniclavina, cicloclavina, ergometrina (ergonovina), ergometrinina, ácido lisérgico α -hidroxietilamida (ácido lisérgico metilcarbinolamida), ácido isolisérgico α -hidroxietilamida (ácido isolisérgico metilcarbinolamida), ergosina, y ergosinina (CHAO & DERMARDEROSIAN, 1973). La chanoclavina-I, es un alcaloide indólico tricíclico, es uno de los principales compuestos presentes en las semillas y está abundantemente distribuido a través de la familia Convolvuláceae. La ergina y la isoergina constituyen un par isomérico y son los dos principales compuestos de la mayoría de las especies de la familia Convolvuláceae. No hay dos especies que posean exactamente los mismos patrones de alcaloides; por lo tanto, los alcaloides tipo ergolina pueden ser útiles en estudios quimiotaxonómicos de las Convolvuláceas, particularmente para la diferenciación entre especies (Chao & Dermarderosian, 1973).

Dentro de la familia *Convolvulácea* se encuentra el género *Ipomoea* con más de 600 especies en el mundo, las cuales 62 se encuentran en Colombia, ubicándose en el departamento del Huila cuatro de estas, la *Ipomoea nil* (L.) Roth, la *Ipomoea cholulensis* Kunth, la *Ipomoea batatas* (L.) Lam y la *Ipomoea purpúrea* (L.) Roth, localizadas a una altura de 1000 a 2500 m.s.n.m (Catálogo de plantas y líquenes de Colombia, s.f.).

La especie *Ipomoea purpúrea* L. Roth es una enredadera anual que rodea la vegetación, la envuelve y gana altura trepando sobre las plantas cultivadas, catalogándola de esta manera como una de las 10 peores malezas, ya que su competencia reduce el rendimiento e interfiere con la cosecha (GÓMEZ de E. & MORALES, 2003).

Es original de América Central (México a Indias Occidentales) puede llegar a alcanzar dos metros con cincuenta centímetros de altura y están dotadas de unidades reproductivas hermafroditas. Se encuentra en forma vegetativa de Abril a Agosto, florece de Junio a Noviembre y fructifica de Agosto a Diciembre (Carranza, 2007).

Esta especie tiene mejor desarrollo en suelos con pH ácido, neutro o alcalino. Su parte subterránea crece efectivamente en cimientos con textura arenosa, franca o arcillosa. Para el crecimiento de esta planta herbácea hay que tener en cuenta factores tales como la temperatura, la

exposición al sol, la humedad ambiental y la textura del soporte. No tolera los encharcamientos, por ende, la zona de plantación debe estar muy bien drenada (Pérez M. , 2013).

La especie *Ipomoea purpúrea* L. Roth, es la más vistosa en las cosechas ya que es la única especie con un evidente polimorfismo en la forma de las hojas y en el color de la flor, mostrando individuos rosa, púrpura, azules, blancos y blancos con flecos de colores rosas y púrpura claro; es una planta majestuosa en los cafetales, especialmente en la fase de levante donde la disponibilidad de luz y espacio aumenta su diseminación; utiliza árboles como soporte y se enreda en ellos limitando su óptimo desarrollo, pero al mismo tiempo aumenta las poblaciones de insectos en los cafetales; ha sido una planta de difícil manejo por su característica trepadora, por lo que se ha evidenciado poca sensibilidad a la aplicación de productos químicos como el glifosato (Papa, 2005).

Esta hierba rastrera o trepadora alcanza tamaños de 20 cm a 2 m de longitud, su tallo es ramificado en su base, con pelos amarillos hasta de 4 mm de largo, sus hojas con pecíolos de 4 a 20 cm de largo; láminas foliares en formas de corazón, ovadas, enteras o trilobadas. Su inflorescencia tiene una cima con 1 a 5 flores, sus flores son solitarias o dispuestas, pedicelos de 5 a 20 mm de largo, ambos con pelos, brácteas lanceoladas, de 1 a 9 mm de largo; sépalos desiguales, corola en forma de embudo, de color púrpura, rosa o blanca, el tubo frecuentemente de un color más claro, de 2.5 a 5 cm de longitud; filamentos de 1.3 a 3 cm de longitud, anteras de 1 a 3 mm de largo; ovario cónico, con 6 óvulos de 1.4 a 2.7 cm de longitud.

El fruto de la especie *Ipomoea purpúrea* (L.) Roth es una cápsula, de 9 a 11 mm de diámetro de color café, café rojizo o café oscuro. Sus plántulas tienen hipocótilo cilíndrico, de hasta 100 mm. Hojas alternas, primera hoja con pecíolo de 6.5 a 28 mm de largo, lámina cordiforme a triangular-cordiforme de 10 a 30 mm de largo y 7.5 a 30 mm de ancho; segunda hoja con pecíolo de 3 a 23 mm de largo (Mondragón, 2004).



Figura 2. Especie *Ipomoea purpúrea* (L.) Roth. (Convolvulaceae, s.f.).

4.2 Métodos de Extracción:

4.2.1 Cromatografía

La cromatografía es el nombre que se le da a las técnicas utilizadas en la determinación de sustancias, en la separación de componentes y en la purificación de compuestos.

Una característica de la cromatografía es la presencia de dos fases, una estacionaria que se mantiene dentro del sistema y la otra móvil que se desplaza a lo largo del sistema. El punto clave de la separación en cromatografía es que la velocidad con la que se mueve cada sustancia, la cual depende de su semejanza por ambas fases (equilibrio de distribución); es decir, los componentes más similares a la fase estacionaria avanzan lentamente por lo que están más retenidos, mientras que los más relacionados a la fase móvil están menos retenidos y se mueven con mayor rapidez. Por esto, el medio cromatográfico ya sea de columna, placa o papel, funciona como un controlador de la velocidad de cada sustancia que establece la mezcla, logrando así su separación y mediante el uso de un detector, su caracterización química (Cromatografía , s.f.).

4.2.2 Cromatografía de capa fina

La cromatografía en capa fina es un procedimiento que se utiliza para separar moléculas relativamente pequeñas, pero más frecuentemente para separar azúcares simples, lípidos, aminoácidos, nucleótidos y metabolitos (Cromatografía de Columna , s.f.).

Se fundamenta en la preparación de una capa uniforme, de un adsorbente depositado sobre una placa de vidrio. Los requerimientos principales son un adsorbente, placas de vidrio, un dispositivo que mantenga las placas durante la extensión, otro para aplicar la capa de adsorbente, y una cámara en la que se desarrollen las placas cubiertas.

La fase móvil es líquida y la fase estacionaria consiste en un sólido que será un componente polar y la sustancia que lo extrae es por lo general menos polar que la fase estacionaria, por lo que los componentes que se desplacen con mayor velocidad serán los menos polares (Técnicas cromatográficas , 2007).

4.2.3 Cromatografía de gases

En este proceso la muestra se volatiliza y se inyecta en la parte superior de una columna cromatográfica. La elución se produce por el flujo de una fase móvil de un gas inerte y esta fase no interacciona con las moléculas del analito, su única función es la de transportar al componente a través de la columna. Existen dos clases de cromatografía de gases, la cromatografía gas-sólido y la cromatografía gas-líquido (Técnicas de separación cromatográficas, s.f.).

4.2.4 Espectrometría de masas

La espectroscopia de masas es una técnica de análisis cualitativo que se utiliza para la determinación de estructuras orgánicas. Esta técnica está basada en la obtención de iones a partir de moléculas orgánicas en fase gaseosa, al obtener los iones, éstos se separan de acuerdo con su masa y carga, para después ser detectados por un dispositivo (Espectroscopía de masas, s.f.).

4.2.5 Análisis por sililación

Ya que algunos compuestos orgánicos por su baja volatilidad no son adecuados para su determinación por medio de la cromatografía de gases como es el caso de las muestras biológicas (proteínas, hidratos de carbono, aminoácidos) es necesario analizarlas por la técnica de sililación que es la técnica de derivatización más empleada, y consiste en la sustitución de algún átomo de hidrógeno activo del analito por un grupo trialquilsilil, tal como $-\text{Si}(\text{CH}_3)_3$. Este proceso se lleva a cabo normalmente usando piridina como disolvente y suelen ocurrir de manera rápida y efectiva (Cromatografía de gases, s.f.).

5. Objetivos

5.1. General

Caracterizar mediante cromatografía de gases y espectrometría de masas los extractos hidrolizados de la especie *Ipomoea purpurea* y evaluar su actividad alelopática mediante la inhibición de la germinación y crecimiento radicular en semillas de Lechuga y de Tomate.

5.2. Específicos

- Identificar la presencia de resinas glicosídicas en los extractos hexánico, clorofórmico y metanólico mediante cromatografía en capa fina.
- Evaluar la actividad alelopática de los extractos hexánico, clorofórmico y metanólico en semillas de lechuga (*Lactuca sativa*) y semillas de tomate (*Solanum lycopersicum*).
- Conocer los ácidos grasos obtenidos mediante hidrólisis básica del extracto más activo a través de la técnica de cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas.
- Determinar los azúcares que componen las resinas glicosídicas del extracto más activo mediante hidrólisis ácida y cromatografía de gases y espectrometría de masas.

6. Metodología

Para llevar a cabo el estudio fitoquímico de la especie *Ipomoea purpurea* en cuanto a la colecta, extracción, hidrolisis e identificación por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas para la separación e identificación de las resinas glicosídicas se acopló la metodología propuesta por (Castañeda-Gómez J., 2017)

En cuanto a la evaluación alelopática de los extractos sobre la germinación y el crecimiento radicular en semillas de lechuga y tomate, se siguió el protocolo experimental empleado por (Charry Sánchez, 2015).

6.1 Colecta del Material Vegetal

El material vegetal de la especie *Ipomoea purpurea* se colectó en el municipio de la Argentina Huila, en la vereda Betania, del cual se envió un ejemplar al herbario de la Universidad Surcolombiana para su respectiva autenticación.

6.2 Preparación de los Extractos

Las partes aéreas (hojas, flores y semillas) de la especie *Ipomoea purpurea* se secaron a temperatura ambiente por 15 días. Para el secado de los tallos se empleó un horno a 40 °C por 4 horas. Luego, el material vegetal se pulverizó en un molino ubicado en el municipio de Santa María-Huila. Posteriormente, el material pulverizado fue extraído con hexano por 3 días mediante maceración exhaustiva. El extracto se obtuvo mediante filtración y eliminación del disolvente por presión reducida, como un sólido de color café oscuro. Los extractos clorofórmico y metanólico se prepararon de la misma manera.

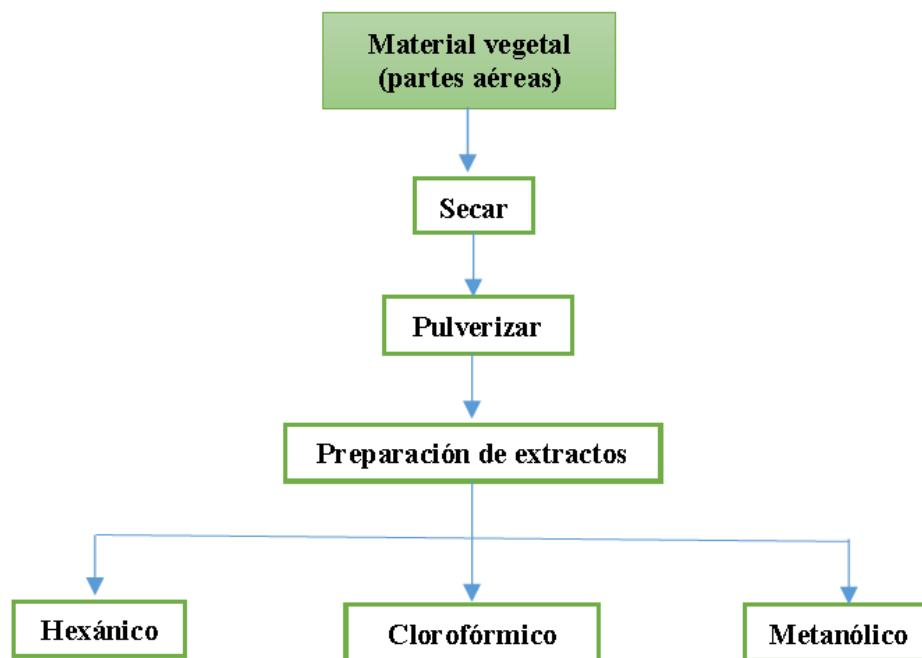


Figura 3. Obtención de extractos

6.3 Análisis de las Resinas Glicosídicas mediante Reacciones de Identificación y por Cromatografía en Capa Fina

Para identificar la presencia de resinas glicosídicas en los extractos que fueron preparados con hexano, cloroformo y metanol se empleó la técnica de cromatografía en capa fina empleándose como revelador sulfato cérico y como fase móvil acetona. La formación de un color marrón es indicativa de la presencia de azúcares en la muestra.

Adicionalmente, los azúcares se reconocieron mediante la prueba de *Keller Killiani*, que permitió la identificación de metilpentosas en los extractos, la cual consistió en: 2 mg de cada extracto se disolvieron en 3 mL de ácido acético glacial conteniendo 2 gotas de cloruro férrico al 5% y con cuidado, se adicionaron 2 mL de ácido sulfúrico concentrado. La formación de un color

rojo-café y posteriormente la formación de un color verde-azuloso en la capa superior, indicaron positivo para la presencia de azúcares.

6.4 Hidrólisis Alcalina de los Extractos Ricos en Resinas Glicosídicas

Se pesó 1.0 g de extracto metanólico y 1.0 g de extracto hexánico, y cada extracto se mezcló con 30 mL de una solución de base (KOH al 5% para el extracto metanólico y NaOH para el extracto hexánico). Seguidamente, la solución se sometió a reflujo, durante un período de 4 horas. Después de terminada la reacción, la mezcla se acidificó a pH 5.0 con HCL al 5%. Los ácidos grasos se extrajeron con cloroformo (2 x 60 mL). Las capas orgánicas se combinaron, se secaron con Na₂SO₄ anhidro, y finalmente el disolvente se removió mediante evaporación lenta a temperatura ambiente. En la fase orgánica se obtuvieron los ácidos orgánicos correspondientes a los ésteres que se encuentran acilando los núcleos oligosacáridos, mientras que en la fase acuosa se obtuvieron los ácidos glicosídicos. Los ácidos orgánicos se analizaron por la técnica de cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas.

6.5 Hidrólisis Ácida de los Extractos Ricos en Resinas Glicosídicas

Se pesó 1.0 g del extracto metanólico y 1.0 g del extracto hexánico, cada extracto se mezcló por separado con 10 mL de ácido clorhídrico (HCl). Luego, la solución se sometió a reflujo a 90 °C durante 4 horas. Posteriormente, la mezcla de reacción se disolvió en 20 mL de H₂O y se extrajo con cloroformo (2 x 40 mL). La fase orgánica se combinó. Los ácidos orgánicos se analizaron por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas. La fase acuosa se neutralizó con KOH 1 N y se extrajo con 55 mL de *n*-BuOH. Finalmente, los productos azucarados se secaron mediante eliminación del disolvente por rotaevaporación. La mezcla de azúcares se sometió a reacción de sililación para así obtener sus correspondientes derivados sililados.

6.6 Derivatización de Azúcares mediante Sililación

Para el análisis de los azúcares que constituyen las resinas glicosídicas de los extractos por cromatografía de gases-espectrometría de masas, fue necesario la conversión de estos a sus derivados sililados. Para tal fin, muestras estándar de azúcar y la mezcla de azúcares obtenida de la hidrólisis ácida del extracto rico en resinas se sometieron a reacción de sililación, para ser empleados en el análisis. Por lo tanto, se emplearon como estándares los siguientes azúcares: D-glucosa, L-ramnosa, D-quinovosa y D-xilosa. Cada estándar se sometió a reacción de sililación mediante tratamiento con hexametildisilosano y trimetilclorosilano. Así, 1.8 mg de cada carbohidrato se disolvió en 1 mL de piridina anhidra. Luego, a la mezcla se le adicionó una solución de 0.2 mL de hexametildisilosano (HMDS) y trimetilclorosilano (TMCS). La mezcla se agitó vigorosamente durante 30 segundos y se dejó reposar por 5 min. Por último, el producto se filtró y se analizó por la técnica de cromatografía de gases.

Adicionalmente, se mezcló en proporciones iguales cada uno de los azúcares empleados como estándar. Luego, dicha mezcla se sometió a reacción de sililación siguiendo el mismo procedimiento descrito anteriormente. El producto conteniendo la mezcla de azúcares sililados se analizó por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas.

La mezcla de azúcares obtenida de la hidrólisis ácida de cada uno de los extractos del material vegetal se sometió a derivatización mediante tratamiento con triclorometilsilano (TMS) y hexametildisilosano (HMDS). El producto se analizó por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (CG-MS). Los tipos de azúcar presentes en las resinas glicosídicas se identificaron mediante comparación con los carbohidratos empleados como estándar en la cromatografía de gases.

6.7 Cromatografía de Gases Acoplada a Espectrometría de Masas para la Identificación de los Ácidos Orgánicos y los Sililazúcares

Para el análisis de los ácidos grasos se utilizó un equipo GC-MS (SHIDMAZU - QP2010 ultra). Las condiciones cromatográficas que se emplearon fueron: Columna: 5% difenil-polisiloxano, T° Inicial: 40 °C, T° Final: 300 °C, T° interface: 300 °C, T° detector: 250 °C, Flujo columna: 2 mL/min, velocidad lineal: 51 cm/s.

Para el análisis de los azúcares de la hidrólisis ácida, así como para los estándares individuales se utilizó un equipo GC-MS (SHIDMAZU - QP2010 ultra). Las condiciones cromatográficas fueron: Columna: 5% difenil-polisiloxano, T° Inicial: 150 °C, T° Final: 250 °C, T° interface: 280 °C, T° detector: 230 °C, Flujo columna: 1 mL/min, velocidad lineal: 38 cm/s.

6.8 Evaluación Alelopática de *Lactuca Sativa* (Lechuga) y *Solanum lycopersicum* (Tomate)

Se prepararon disoluciones procedentes de cada extracto seco (hexánico, clorofórmico y metanólico) a concentraciones de 200 ppm, empleándose como solvente Tween 80 al 1% en agua. Adicionalmente, se preparó una solución de Gesaprim (herbicida preemergente empleado como control negativo). Como control positivo se empleó agua cristal postobón (5 mL).

Para evaluar el efecto de cada uno de los extractos de *I. purpúrea* en la germinación de la semilla y el crecimiento radicular de *Lactuca Sativa* (Lechuga) y *Solanum lycopersicum* (Tomate), se llevó a cabo la siguiente metodología: Se utilizaron 18 cajas de Petri previamente esterilizadas, las cuales tenían un disco de papel filtro whatman N° 2. Tres cajas fueron impregnadas con 5 mL del extracto hexánico, otras tres con el extracto clorofórmico y otras con el extracto metanólico. Adicionalmente, tres cajas se impregnaron con agua cristal postobón, tres con la solución de

Gesaprim y tres con Tween 80 al 1 % (anexo 1). Con ayuda de una pinza, se ubicaron 10 semillas de Lechuga en cada caja de Petri, separadas de tal forma que permitiera la elongación de las raíces. Seguidamente, se taparon las cajas, se sellaron con cinta de enmascarar y se incubaron por 11 días a una temperatura de 22 °C aproximadamente, bajo luz blanca. De la misma forma se realizó para la evaluación biológica de las semillas de tomate.

La evaluación de la germinación de las semillas se realizó al cabo de 24 horas de iniciarse el experimento y para determinar el efecto de los extractos en el crecimiento radicular se midieron las raíces cada 24 horas con una regla en cm. Para el análisis estadístico de los resultados se realizó un diseño por bloques unifactorial completamente aleatorizado, seguido de un análisis de varianza para determinar si por lo menos uno de los tratamientos aplicados tenía un efecto diferente en el crecimiento radicular de semillas de lechuga y tomate.

7. Resultados y Discusión

7.1. Colecta de Material Vegetal

La colecta se realizó en el municipio de la Argentina, Huila en la vereda Betania, se colectaron partes aéreas de la especie *Ipomoea Purpúrea* L. Roth. (Hojas, tallos, flores). Se realizó por inspección visual una limpieza al material de sustancias extrañas y otras especies vegetales. Un ejemplar fue enviado al herbario de la Universidad del Quindío para su posterior autenticación.



Figura 4. Cosecha de Café, municipio de la Argentina, Huila.



(A)



(B)

Figura 5. (A) Especie *Ipomoea Purpúrea L. Roth* en cosecha de café ubicada en el municipio de la Argentina-Huila, vereda Betania. (B) Evidencia de la recolecta de las partes aéreas de la especie *Ipomoea Purpúrea L. Roth*. En la zona cafetera del municipio de la Argentina, Huila.

Al terminarse la colecta y su limpieza se realizó el secado de las partes aéreas de la especie *Ipomoea Purpúrea L Roth*. a temperatura ambiente y al sol directo por 15 días; finalmente, se terminó el secado en un horno por 4 horas a temperatura de 40 °C.

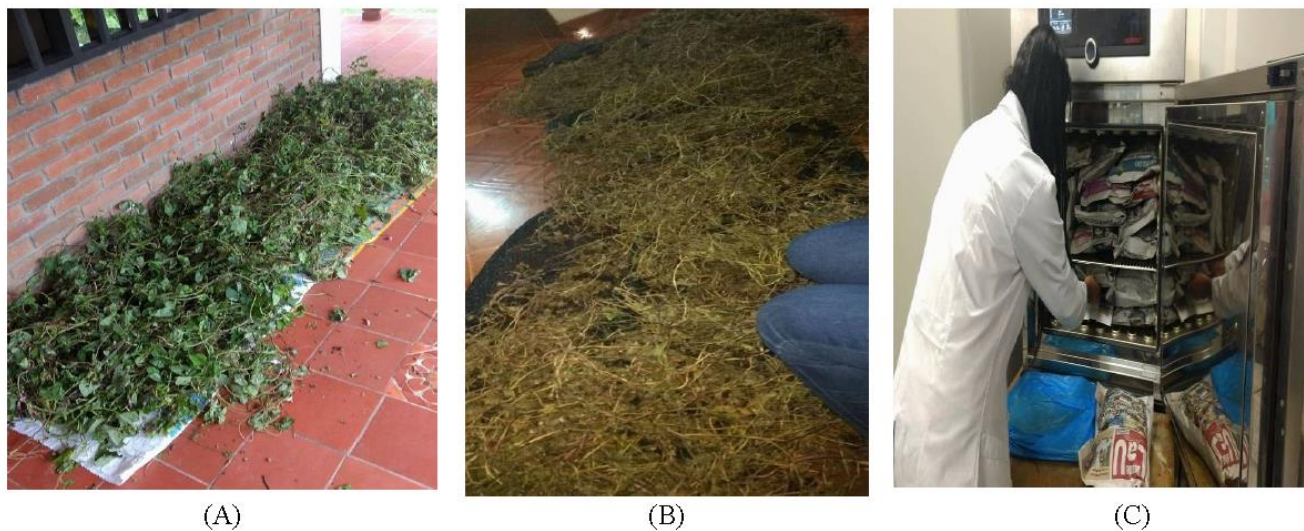


Figura 6. (A) Especie *Ipomoea Purpurea L Roth.* recolectada. (B) Partes aéreas secas de la especie *Ipomoea Purpurea L Roth.* después de 15 días a temperatura ambiente y sol directo. (C) Secado de partes aéreas en horno mufla de la Universidad Surcolombiana de Neiva.

La pulverización de las partes aéreas de la especie *Ipomoea Purpurea L Roth.* permitió obtener 1082,25 gramos de material seco pulverizado.



Figura 7. (A) Proceso de pulverización realizado en el municipio de Santa María, Huila. (B) Material pulverizado total de las partes aéreas de la especie *Ipomoea Purpurea L Roth.*

Para la extracción inicial del material vegetal con disolventes por maceración exhaustiva se emplearon 400 mL de hexano por un término de tres días (Figura 8A, 8B). Luego, la filtración con gasa estéril (Figura 8 (C)) y la rotaevaporación (Figura 8 (D)) permitió la obtención del extracto como un sólido de color oscuro. De la misma manera, este material resultante (material pulverizado) se le dejó concentrado por tres días con cloroformo, se le realizó el proceso anterior y finalmente se concentró con Metanol, repitiéndose el proceso.

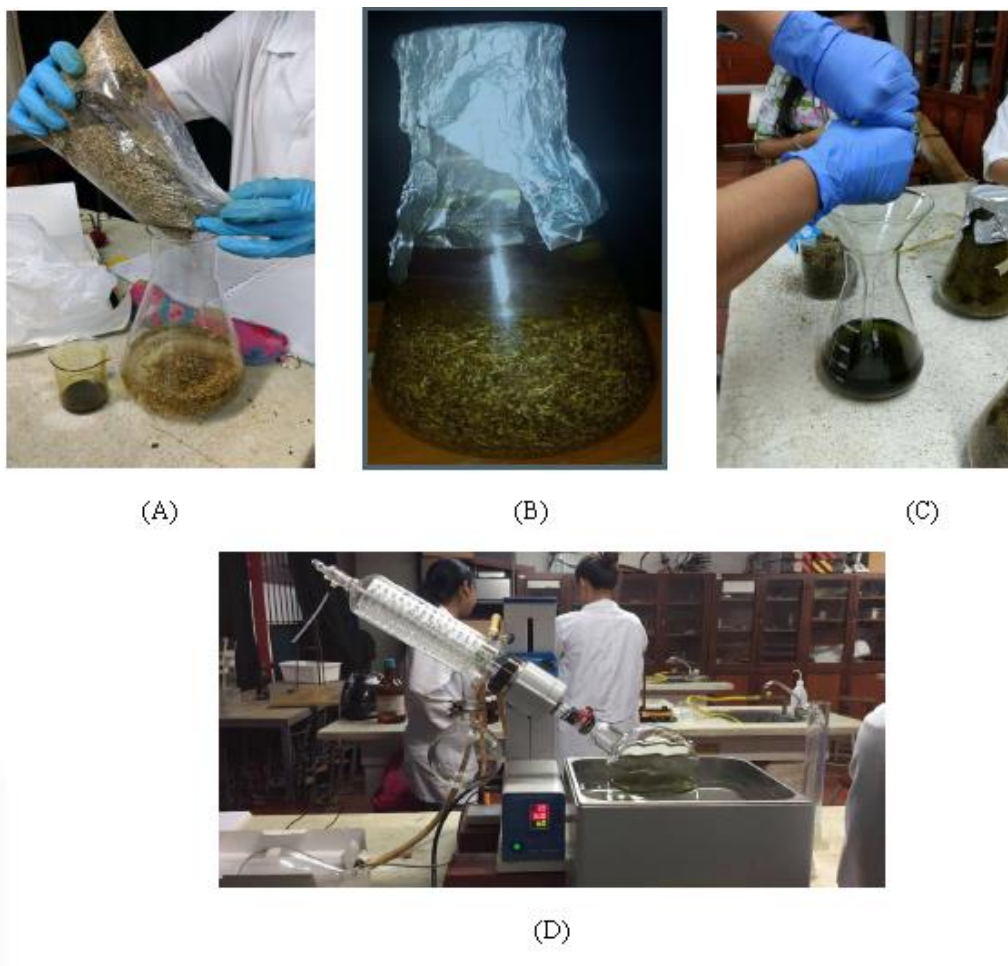


Figura 8. (A) Partes aéreas pulverizadas y adicionadas a Erlenmeyer de 1000 mL. (B) Material pulverizado concentrado con disolvente. (C) Filtrado con gasa estéril del material concentrado con disolvente. (D) Proceso de rotaevaporación para recuperación de disolvente.

Consecutivamente, como resultado se obtuvieron las pastas de los extractos Hexánico, Clorofórmico y Metanólico, registrando así la cantidad obtenida (Tabla 3).

Tabla 3. Cantidad de los extractos obtenidos de la especie *Ipomoea Purpúrea*.

Hexano	Cloroformo	Metanol
4,13 g	10,22 g	7,08 g



(A)



(B)



(C)

Figura 9. Extractos de la especie *Ipomoea Purpúrea* L Roth, con disolventes (A) Hexánico, (B) Clorofórmico y (C) Metanólico.

7.2. Análisis de las Resinas Glicosídicas Mediante Reacciones de Identificación y por Cromatografía en Capa Fina

El análisis de los extractos por cromatografía en capa fina empleándose inicialmente como fase móvil acetona 100%, permitió detectar la presencia de glicósidos en el extracto metanólico y

en el extracto hexánico, debido a la formación de un color marrón al ser revelado con el sulfato cérico. El resultado obtenido de la cromatografía en capa fina en el extracto clorofórmico no permitió evidenciar la presencia abundante de resinas glicosídicas (Figura 10 y 11, tabla 4).



Figura 10. Extractos Hexánico, Metanólico y Clorofórmico diluido en sus mismos disolventes

Hexano-acetona 16:4

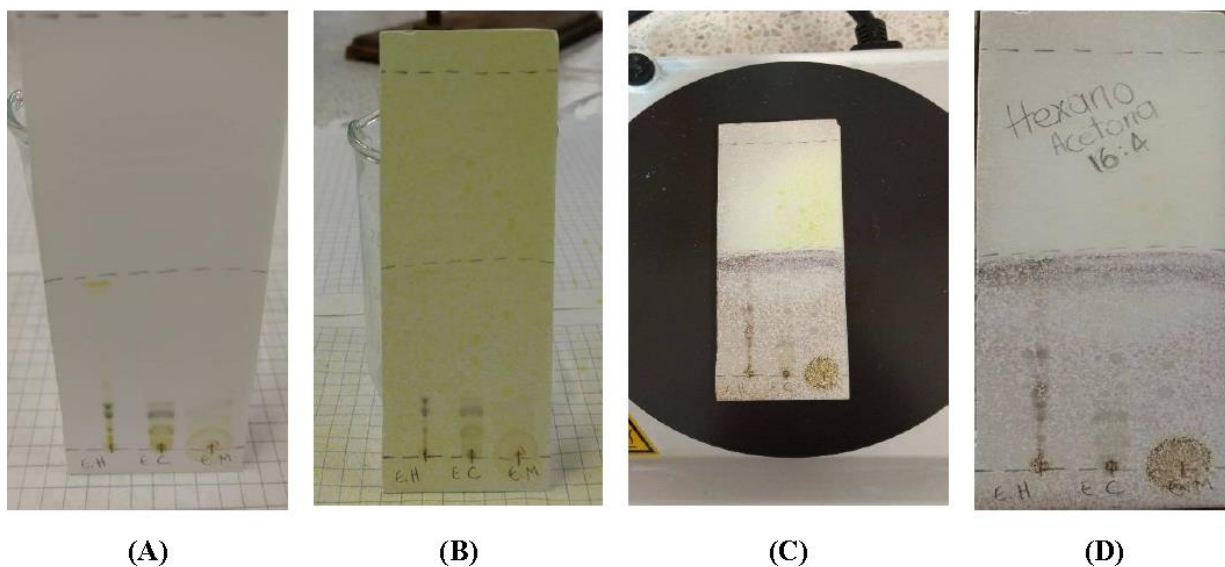


Figura 11. (A) Placa de sílica gel con extractos, sumergida en hexano-acetona. (B) Placa de sílica gel con extractos y revelador sulfato cérico. (C) Placa de sílica gel con extractos, revelador sulfato cérico en plancha. (D) Resultados del arrastre de las resinas glicosídicas.

7.3. Examen Preliminar de los Extractos para la Identificación de Azúcares

1. Pruebas de identificación: Reacción de Keller-Killiani:

Para confirmar la presencia de azúcares en los extractos hexánico y metanólico se realizó la prueba de Keller-Killiani. Los resultados permitieron determinar (figura 12, Imagen C) la presencia abundante de glicósidos tipo deoxiazúcares en estos extractos debido a la formación de dos fases, donde se observó una coloración rojo-café en la interfase del tubo de ensayo, y posteriormente en la capa superior una coloración verde azulosa.

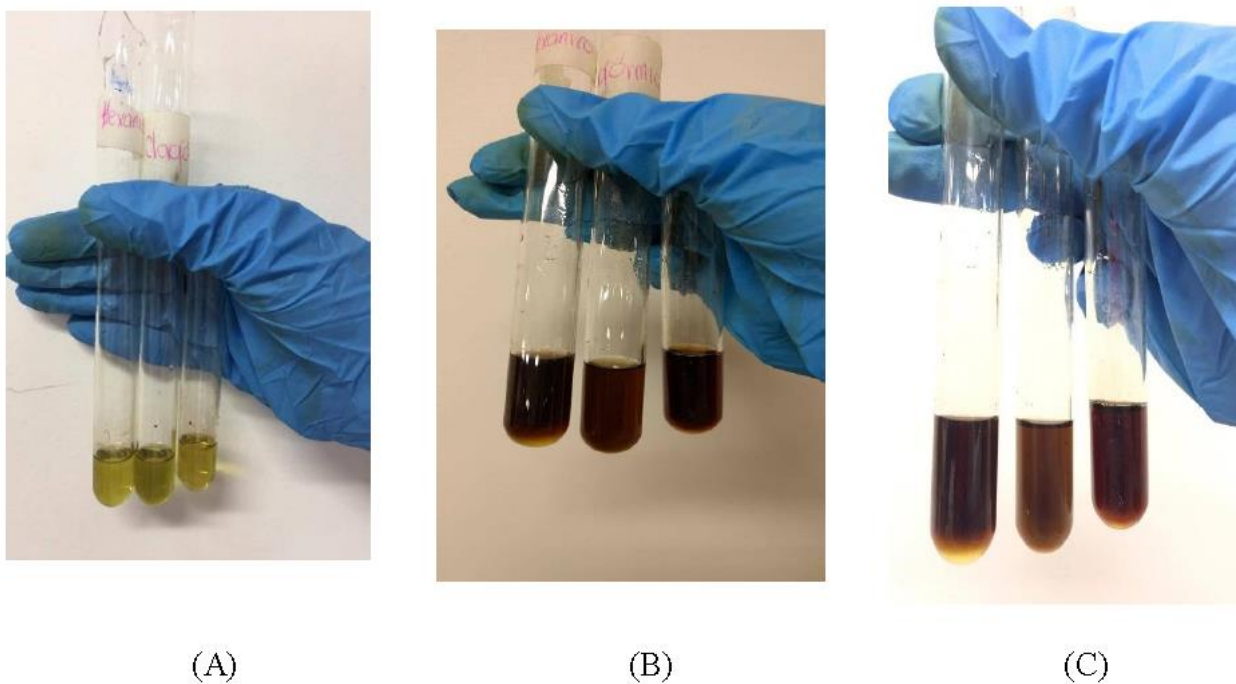


Figura 12. (A) Extractos de la especie *Ipomoea Purpúrea* L. Roth. en ácido acético. (B) Extractos con ácido acético y cloruro férrico. (C) Extractos con ácido acético, cloruro férrico y ácido clorhídrico (muestra final).

Tabla 4. Resultados de las pruebas preliminares de los extractos Hexánico, Clorofórmico y Metanólico de la especie *Ipomoea Purpúrea*.

Prueba	Extracto Hexánico	Extracto Clorofórmico	Extracto Metanólico
Sulfato cérico	Se observó coloración marrón característico de glicósidos	No se observó coloración marrón característico de glicósidos	Se observó coloración marrón característico de glicósidos
Keller-Killiani	+++	---	+++

7.4. Análisis de la Hidrólisis Alcalina de los Extractos Rico en Resinas Glicosídicas.

Mediante la reacción de hidrólisis alcalina de los extractos hexánico y metanólico, se tienen en cuenta los siguientes procesos: El **reflujo**, que se realiza con el fin de calentar la muestra permitiendo que esta, complete el proceso de la reacción, sin que se presente pérdida de disolventes, buscando así, romper los enlaces de los ésteres para que sean liberados en forma de ácidos orgánicos; para poder realizar la separación pertinente de estos ácidos, se requiere cambiar su PH, es decir, **acidular** dicha muestra. Posterior a esto se realizó el proceso de **extracción líquido-líquido** teniendo como objetivo separar la fase acuosa de la fase orgánica (fase de interés), al realizar esto, no se certifica que la fase a trabajar quede libre 100% de agua por lo cual se realizó un **secado** con Na₂SO₄ anhidro removiendo moléculas de agua que se encuentre aún presentes.

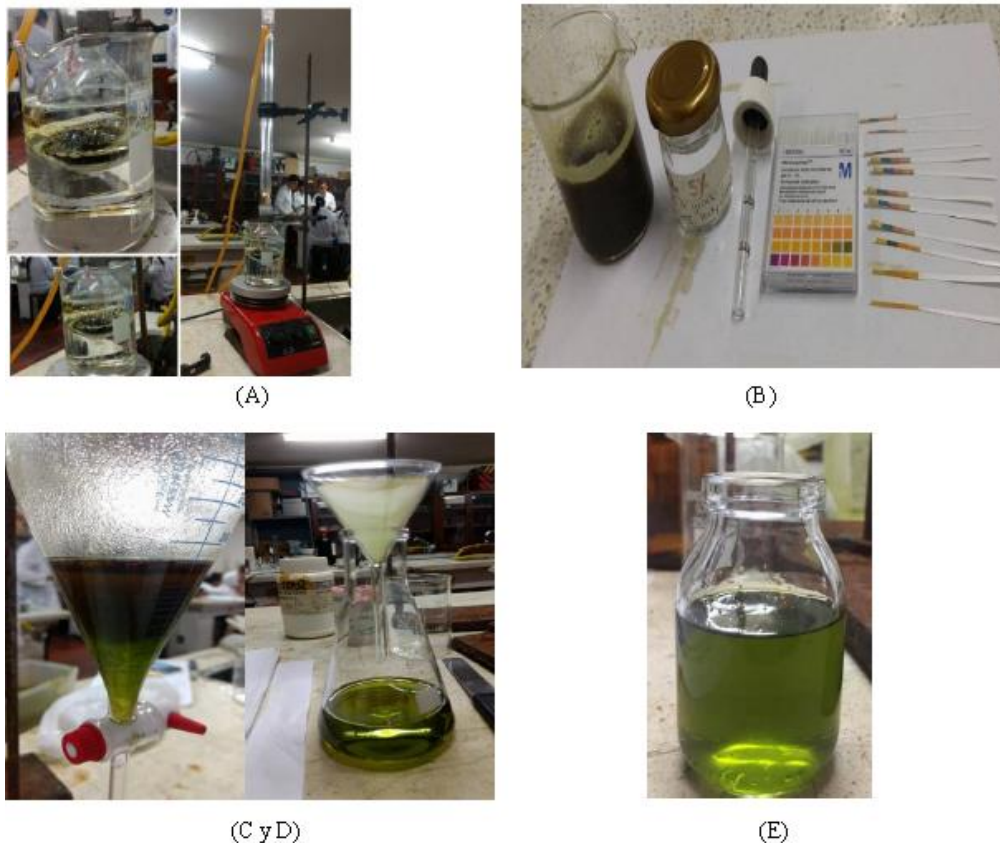


Figura 13. Proceso de reflujo de los extractos hexánico y metanólico (A), acidificación pH 5.0 con HCl 5% (B), Extracción con cloroformo (2 x 60 mL) (C), secado con Na_2SO_4 anhidro (D), fase orgánica resultante (E).

7.5. Análisis de los Ácidos Orgánicos Mediante Cromatografía de Gases CG-MS.

Mediante la técnica de hidrolisis alcalina, se logró separar los ácidos orgánicos correspondientes a los ésteres que se encuentran acilando los núcleos oligosacáridos de las resinas glicosídicas presentes en los extractos hexánico y metanólico de la especie *Ipomoea Purpúrea*. Mediante la técnica de cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas, los ácidos que

se identificaron fueron: Octanóico, decanóico, dodecanóico, tíglico, y hexadecanóico (Figuras 14-15, tabla 5).

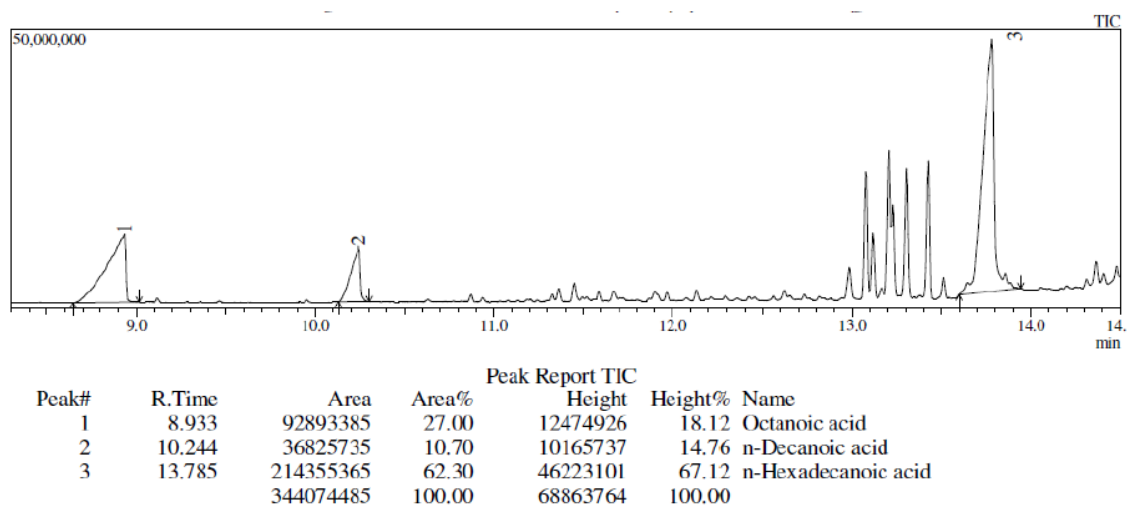


Figura 14. Cromatograma de los ácidos orgánicos volátiles del extracto Hexánico

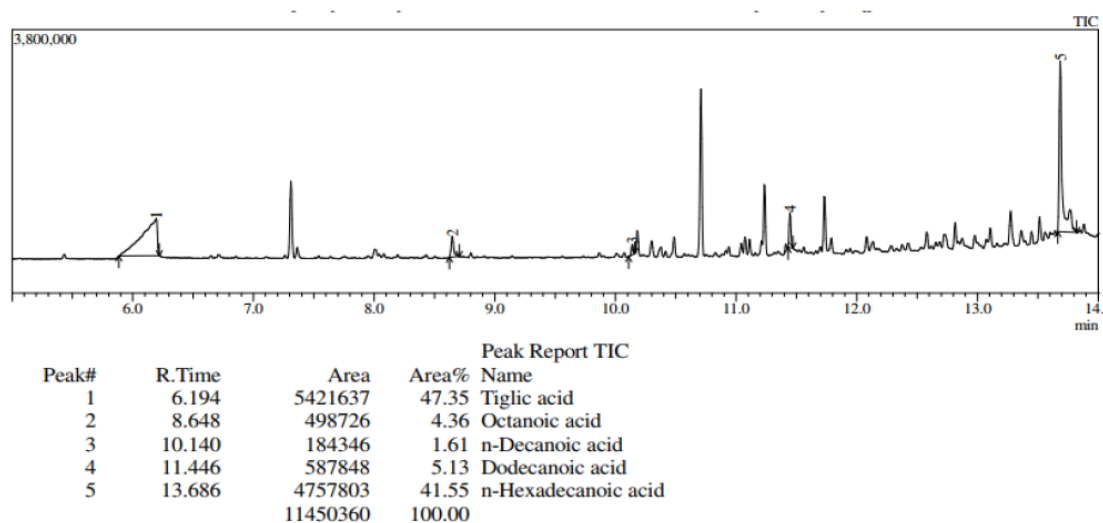


Figura 15. Cromatograma de los ácidos orgánicos volátiles del extracto Metanólico.

A continuación, se presenta la tabla con los distintos ácidos orgánicos identificados mediante CG-MS para ambos extractos.

Tabla 5. Ácidos grasos de las resinas glicosídicas de *Ipomoea Purpúrea*.

Ácido orgánico	m/z
Ácido <i>n</i> -Octanóico (t_R = 8.93 min)	[M] ⁺ 144 (2), 101 (20), 73 (62), 60 (100), 43 (41), 27 (18)
Ácido <i>n</i> -Decanóico (t_R = 10.24 min)	[M] ⁺ 172 (2), 129 (51), 87 (15), 73 (85), 60 (100), 55 (51), 41 (55)
Ácido <i>n</i> -Hexadecanóico (t_R = 13.78 min)	[M] ⁺ 256 (17), 213 (18), 185 (12), 157 (17), 129 (44), 115 (17), 98 (21), 85 (29), 73 (98), 60 (100), 43 (82)
Ácido Tíglico (t_R = 6.19 min)	[M] ⁺ 100 (85), 85 (27), 55 (100), 27 (63)
Ácido Dodecanóico (t_R = 11.4 min)	[M] ⁺ 200 (10), 183 (2), 171 (11), 157 (30), 143 (11), 129 (40), 115 (20), 101 (12), 85 (30), 73 (98), 60 (100), 41 (70), 27 (22)

En el anexo 5 se muestran los espectros de masas correspondientes a los ácidos grasos que se encuentran esterificando el núcleo de las resinas glicosídicas.

Este análisis se realizó a través de la comparación de los patrones de fragmentación obtenidos para cada uno de los picos eluidos con los patrones de fragmentación conocidos de muestras auténticas.

7.6. Análisis de la Hidrólisis Ácida de los Extractos Ricos en Resinas Glicosídicas.

Mediante la reacción de hidrólisis ácida de los extractos hexánico y metanólico se logró la obtención de los azúcares que constituyen los núcleos oligosacáridos de las resinas glicosídicas de la especie *I. purpúrea*. Para tal fin, la reacción se llevó a cabo mediante reflujo, para garantizar el

rompimiento de los enlaces glicosídicos que unen los azúcares. Procesos como, la extracción con cloroformo, neutralización de la fase acuosa y extracción con *n*-butanol, y eliminación del disolvente mediante rotaevaporación, permitió la obtención de la mezcla de azúcares como un sólido de color blanco (Figura 16).

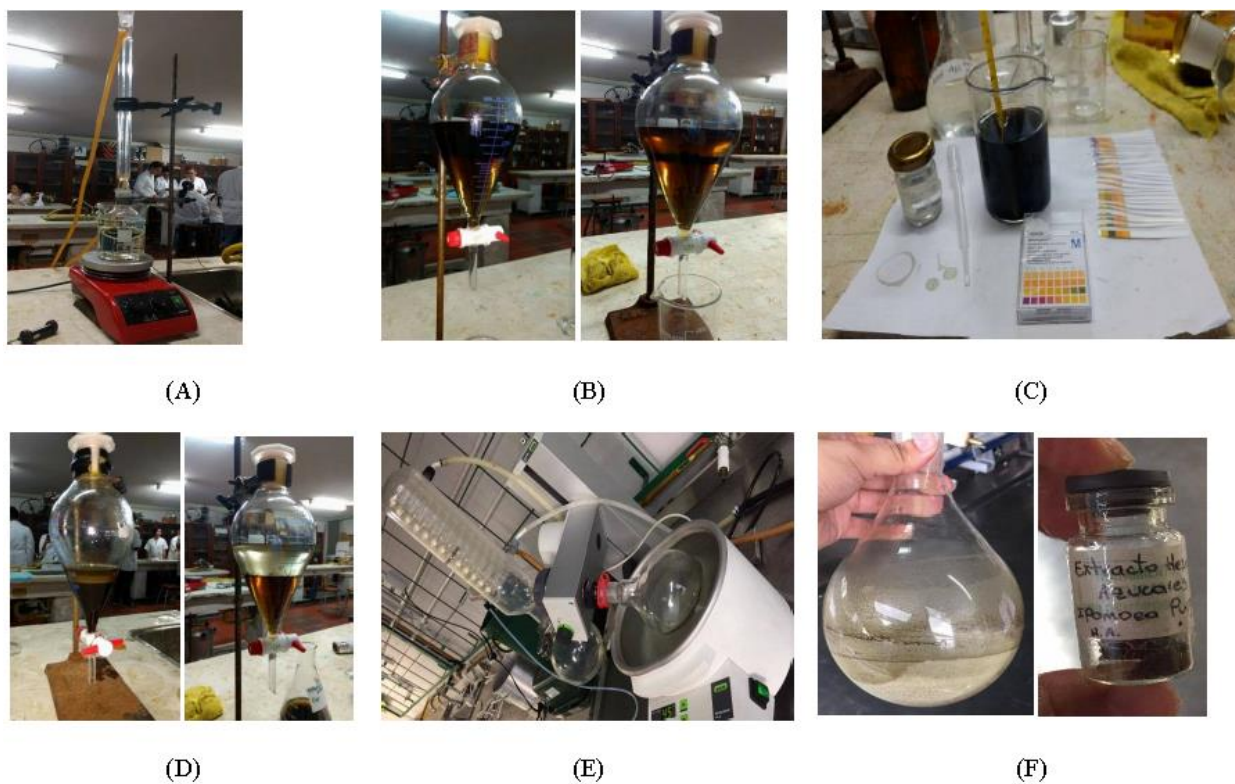


Figura 16. Proceso de reflujo del extracto metanólico y hexánico (A), extracción con cloroformo (2 x 40mL) (B), neutralización de la fase acuosa con KOH 1 N (C), Extracción con *n*-Butanol (2 x 55 mL) (D), eliminación de disolvente por rotaevaporación (E), azúcares resultantes del proceso de hidrólisis ácida (F).

7.7. Derivatización de Azúcares Mediante Sililación

Los azúcares al presentar grupos hidroxilos, se hacen moléculas no volátiles, debido al alto punto de ebullición que presentan, se tiene en cuenta que el equipo correspondiente para este análisis solo lee muestras volátiles; es por esta razón que se requiere derivatizar los azúcares para transformar los grupos hidroxilos en sililéteres, disminuyendo así la polaridad de la mezcla para permitir la plena identificación mediante cromatografía de gases.

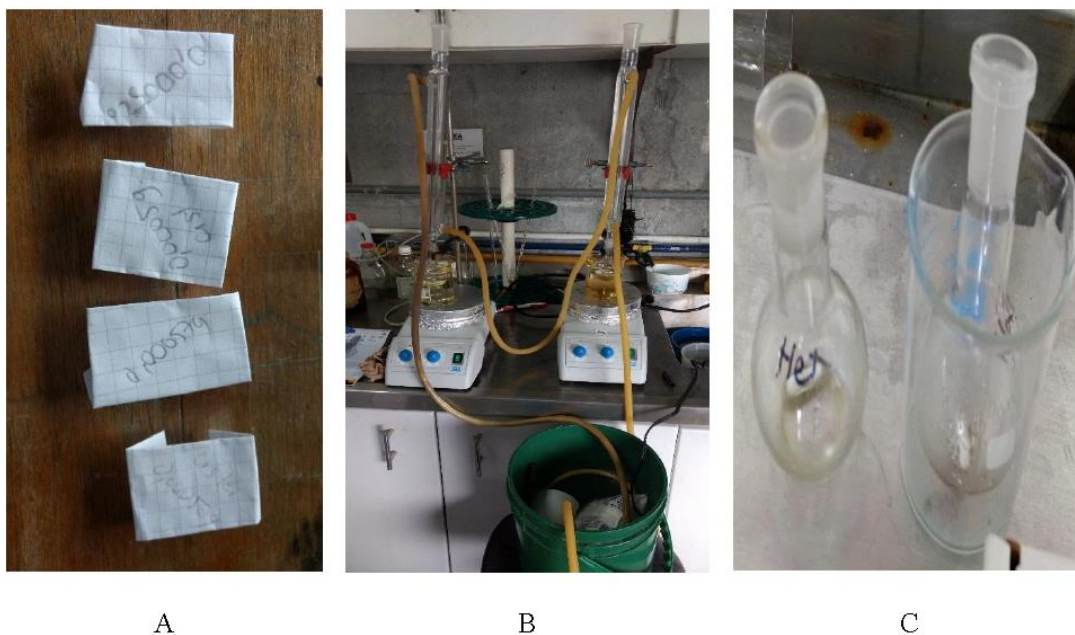


Figura 17. Cisteína, piridina y cloruro de trimetilsilano (A), proceso de reflujo (B), producto de sililación (C).

7.8. Análisis por Cromatografía de Gases Acoplada a Espectrometría de Masas de los Azúcares Sililados.

Mediante la técnica de cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas, se logró la obtención de los cromatogramas con los tiempos de retención de cada azúcar sililado,

empleándose la espectrometría de masas para la identificación inequívoca de cada muestra estándar de D-glucosa, L-ramnosa, D-quinovosa, D-xilosa y D-fucosa sililada (Figuras 18-22).

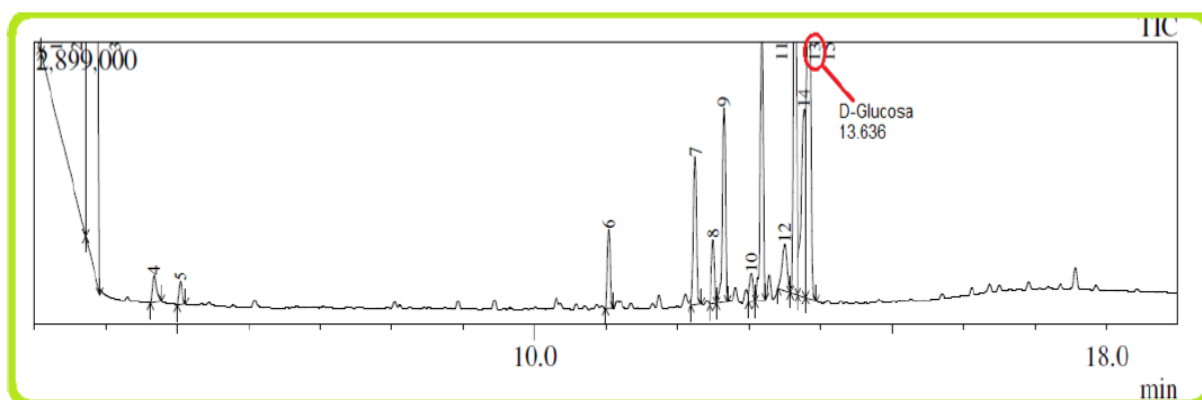


Figura 18. Cromatograma de la D-glucosa sililada.

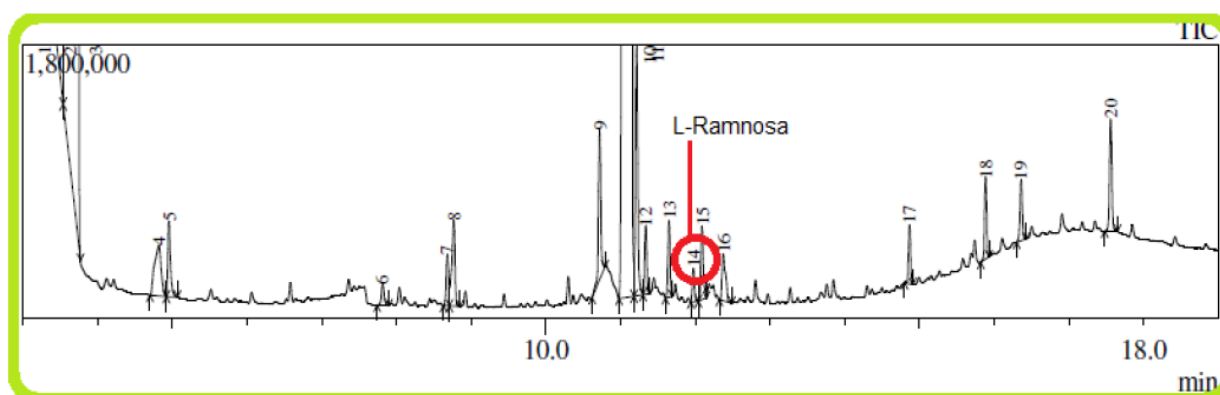


Figura 19. Cromatograma de la L-ramnosa sililada.

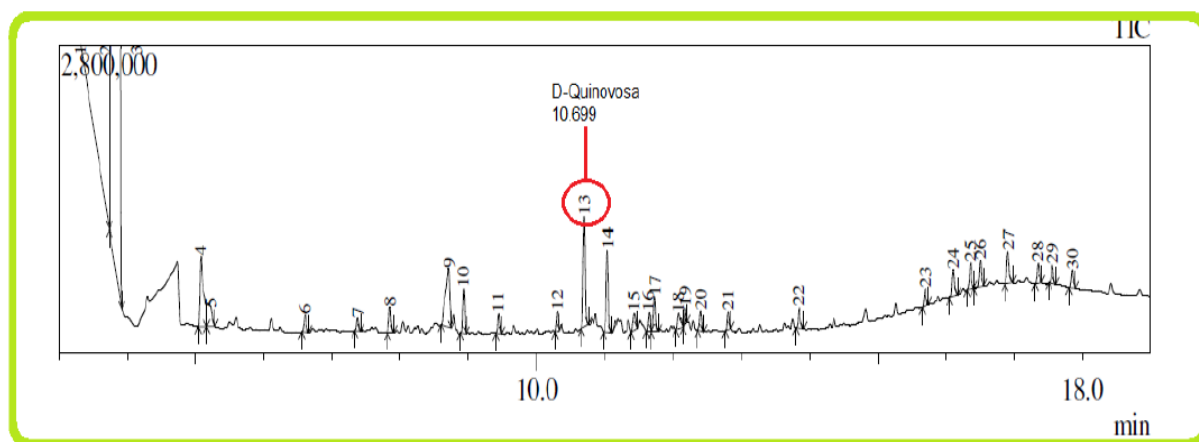


Figura 20. Cromatograma de la D-quinovosa sililada.

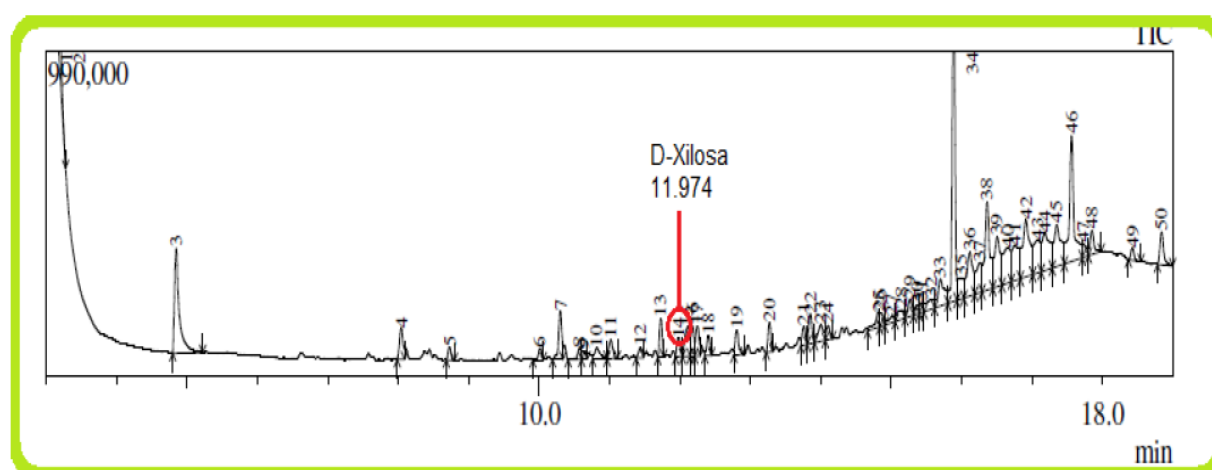


Figura 21. Cromatograma de la D-xilosa sililada.

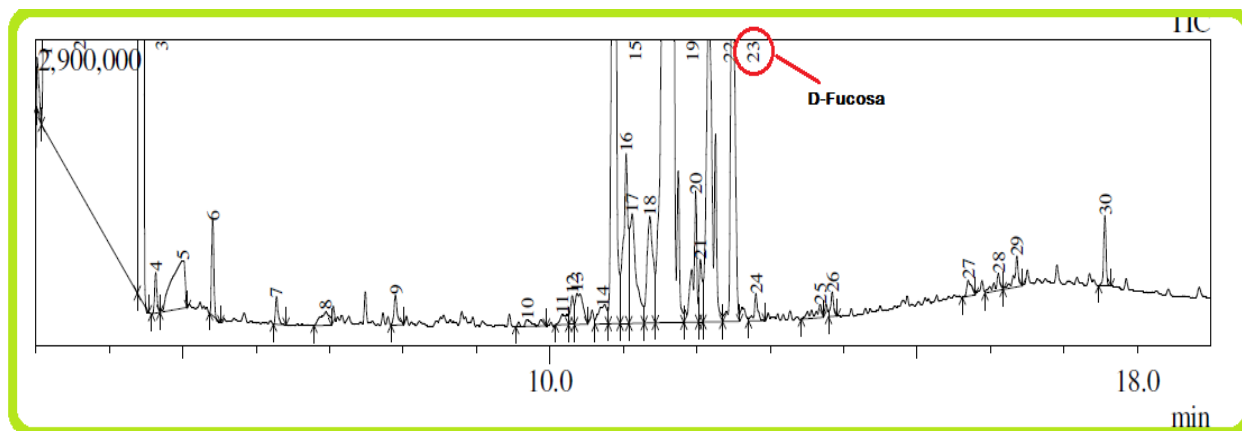


Figura 22. Cromatograma de la D-fucosa sililada

Los cromatogramas obtenidos de cada estándar muestran el pico correspondiente al azúcar sililado y otros picos como producto de sililaciones parciales o interferentes en las muestras debido a contaminación de la columna cromatográfica. Sin embargo, los espectros de masas permitieron confirmar la identidad química de cada azúcar sililado, a través del pico del ión molecular y/o fragmentos característicos de este tipo de moléculas. La comparación de cada espectro con los reportados en la biblioteca NIST del equipo permitieron validar la información con un alto porcentaje de confiabilidad (>95%).

Para cada cromatograma se señala el pico correspondiente a cada estándar, donde se encontró que la pentatrimetilsilil D-glucosa (Figura 18) presenta un tiempo de retención (t_R) de 13.63 min, la tetratrimetilsilil L-ramnosa (Figura 19) un t_R de 11.97 min, la tetratrimetilsilil D-quinovosa (Figura 20) un t_R de 10.69 min, la tetratrimetilsilil D-xilosa (Figura 21) un t_R de 11.974 y la tetratrimetilsilil D-fucosa (Figura 22) un t_R de 12.48 min.

A continuación, se presenta el espectro de masas de la pentatrimetilsilil D-glucosa y algunas de sus rutas de fragmentación.

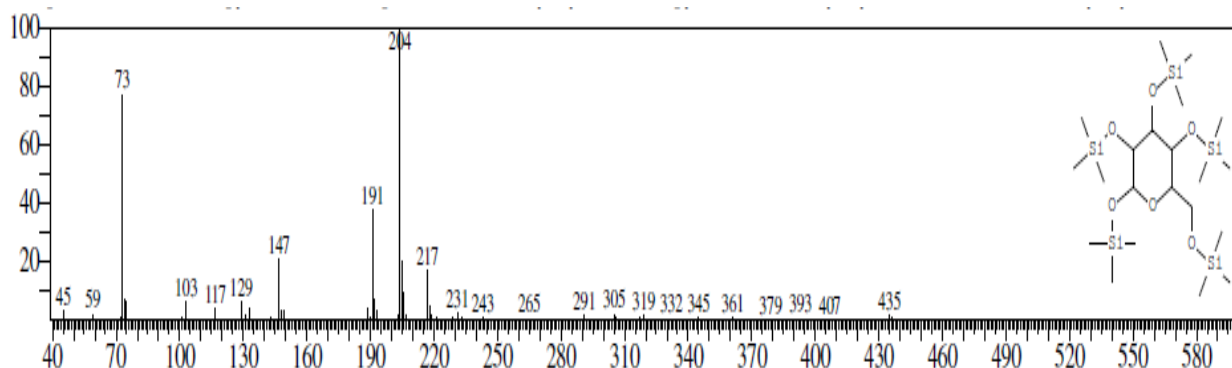


Figura 23. Espectro de masas de la pentatrimetilsilil D-glucosa.

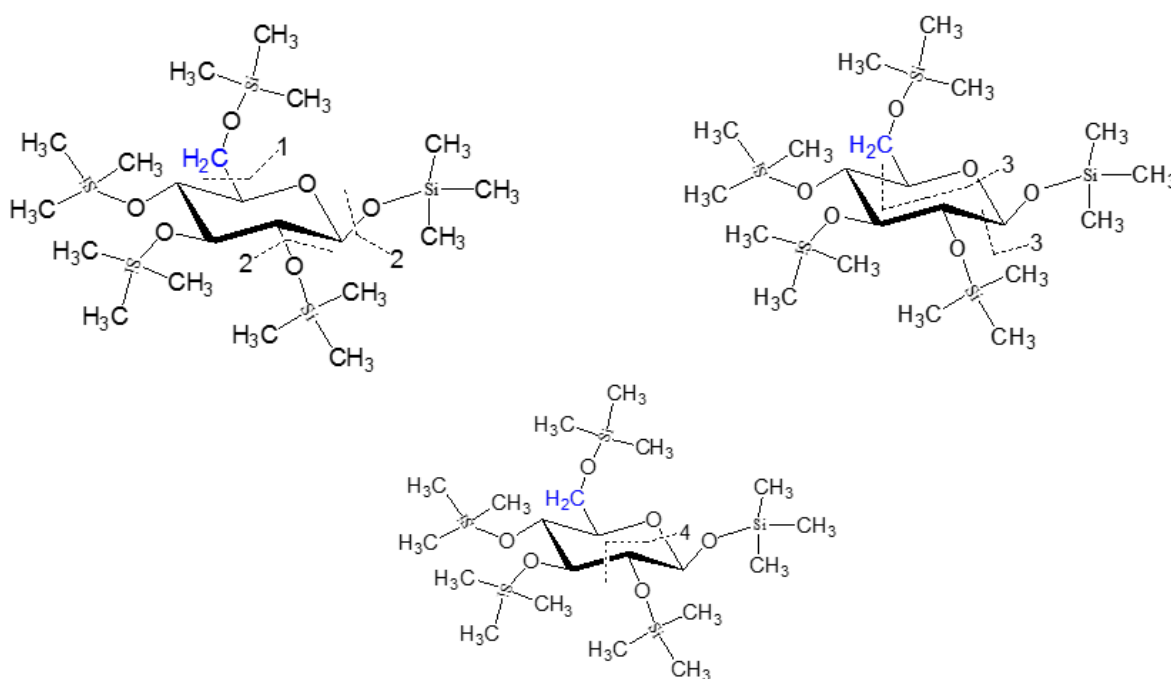


Figura 24. Rutas de fragmentación característica de la pentatrimetilsilil D-glucosa.

Para el espectro de masas de la molécula de D-glucosa sililada se observa lo siguiente: Ausencia del pico del ión molecular, pero en su lugar, resulta el ión $[M - \text{CH}_3\text{-TMSiOH}]^+$ con un valor de m/z 435 correspondiente a la pérdida del fragmento metiltrimetilsilanol (ruptura 1). La pérdida de un residuo de trimetilsilanol $[435 - \text{TMSiOH}]$ del fragmento m/z 435, da lugar a la presencia del ión m/z 345. El pico con un valor de m/z 361 (ruptura 2), indicó la eliminación de

dos fragmentos: el radical trimetilsiloxi- y el fragmento trimetilsilanol $[M - \text{TMSiO}^\bullet - \text{TMSiOH}]^+$. El pico correspondiente al valor de m/z 305 $[\text{TMSiO}-\text{CH}=\text{C}(\text{OTMSi})-\text{CH}-\text{OTMSi}]^+$ se generó por una doble escisión del ión molecular (ruptura 3); El pico correspondiente al ión m/z 129 $[(\text{CH}_3)_3\text{Si}-\text{O}-\text{Si}(\text{CH}_3)_3]^+$ se debe a la pérdida del fragmento bistrimetilsilileter. Los fragmentos $[\text{TMSiO}-\text{CHCHOTMSi}]^+$ (ruptura 4) y $[\text{CH}_2=\text{OSi}(\text{CH}_3)_3]^+$ (ruptura 1) con valores de m/z 204 y 103, son generados a partir del ión molecular. El ión m/z 73 surge por la eliminación de una molécula de formaldehído (CH_2O) a partir del fragmento de m/z 103 (pico base). Los picos m/z 191 $[(\text{CH}_3)_3\text{SiO}-\text{CH}=\text{OSi}(\text{CH}_3)_3]^+$ y 147 $[(\text{CH}_3)_3\text{SiO}-\text{Si}(\text{CH}_3)_2]^+$ son productos obtenidos a partir de la ruptura inicial del ión molecular.

Por otra parte, el análisis por cromatografía de gases del producto derivatizado de la hidrólisis ácida de los extractos hexánico y metanólico, permitió establecer la presencia de los azúcares presentes en el núcleo oligosacárido de las resinas glicosídicas de la especie *Ipomoea purpurea*, esto se realiza a través de la comparación de los picos obtenidos de los estándares con los picos del cromatograma referente a la mezcla de azúcares de cada uno de los extractos obtenidos del material vegetal (Figuras 25-26).

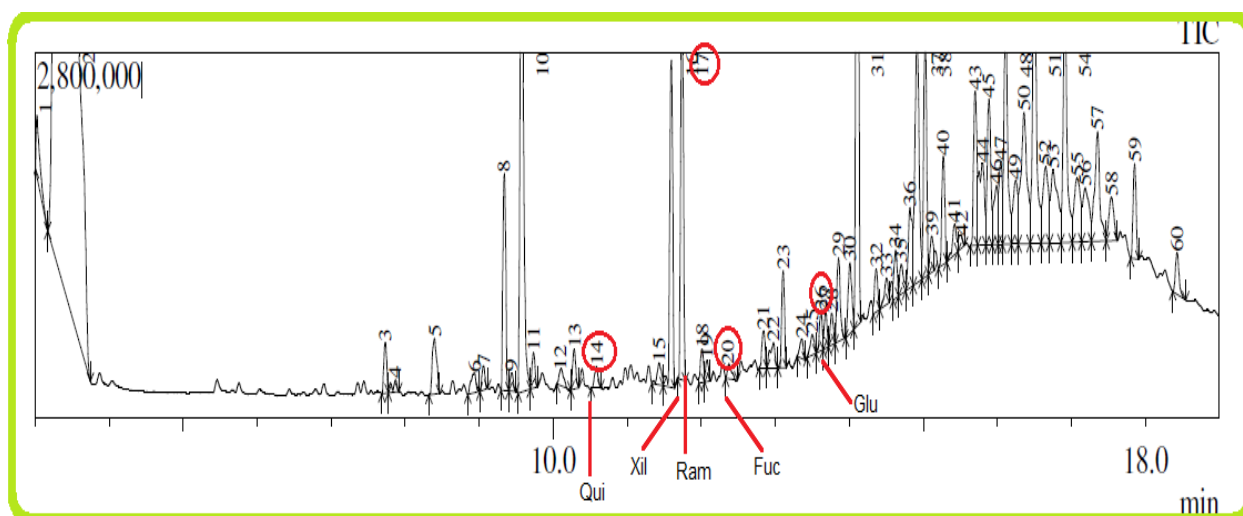


Figura 25. Cromatograma de los azúcares presentes en el extracto Hexánico.

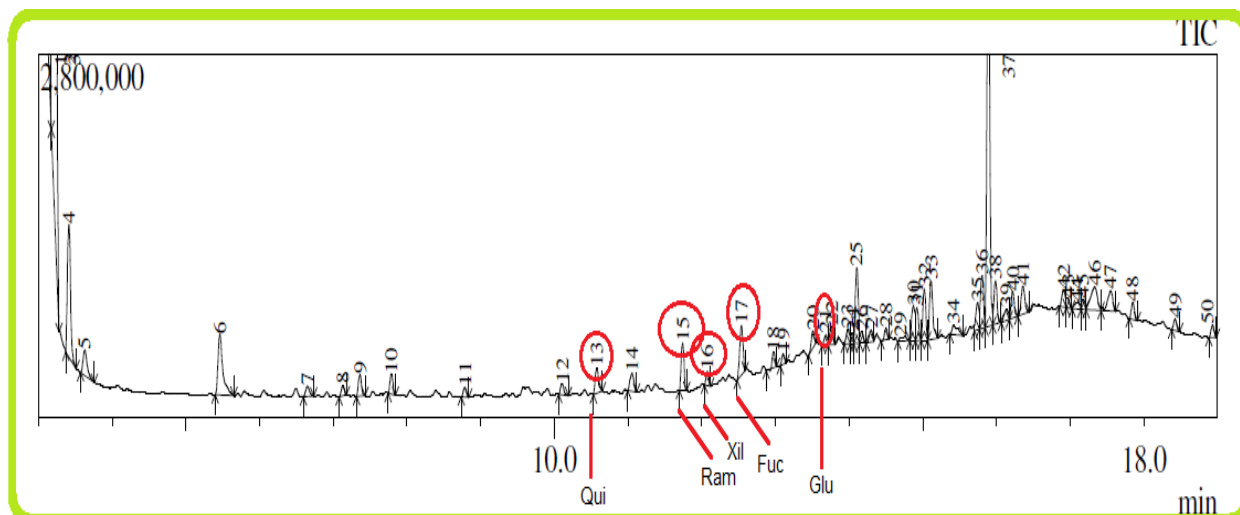


Figura 26. Cromatograma de los azúcares presentes en el extracto Metanólico.

El análisis para ambos cromatogramas (Figura 25 y 26) permitió identificar cinco azúcares para cada extracto, donde se encontró para el extracto hexánico los siguientes tiempos de retención: D-glucosa (t_R 13.6 min), L-ramnosa (t_R 11.7), D-quinovosa (t_R 10.5), D-xilosa (t_R 11.5) y D-fucosa (t_R 12.360); Para el extracto Metanólico, los tiempos de retención fueron los siguientes: D-glucosa (t_R 13.6 min), L-ramnosa (t_R 11.7 min), D-quinovosa (t_R 10.5 min), D-xilosa (t_R 12.07 min) y D-Fucosa (t_R 12.53 min).

Los resultados de las cromatografías permiten establecer que las resinas glicosídicas de *Ipomoea purpúrea* están constituidas por una variedad de azúcares, tanto para las resinas poco polares como polares, presentando los mismos tipos de azúcares.

7.9. Actividad Alelopática:

Ensayos de germinación

Después de transcurrido las primeras 24 horas de sembradas las semillas de lechuga y tomate, respectivamente, se determinó el número de semillas germinadas por caja, teniendo en cuenta que estas se encontraban bajo condiciones óptimas para dicho ensayo.

Tratamiento		Semillas de lechuga			Semillas de tomate		
		Caja 1	Caja 2	Caja 3	Caja 1	Caja 2	Caja 3
1	Agua cristal Postobón	7	9	10	4	6	5
2	Tween 80 al 1%	2	6	8	0	3	2
3	Gesaprim 200 ppm	6	4	3	3	0	1
4	E Hexánico 200 ppm	6	2	2	1	1	2
5	E. Clorofórmico 200 ppm	4	6	9	4	3	1
6	E. Metanólico 200 ppm	5	6	5	1	3	8

Figura 27. Tabla de Germinación de semillas de lechuga (*Lactuca Sativa*) y tomate (*Solanum lycopersicum*), sometidas a 6 tratamientos.

Mediante los ensayos de germinación, se logra apreciar que tanto el extracto hexánico, como el metanólico retardaron este proceso en las semillas tanto de lechuga como de tomate. El extracto clorofórmico fue el que menos mostró inhibición en la germinación de las semillas.

Ensayo de crecimiento radicular de *Lactuca Sativa* (lechuga) y *Solanum lycopersicum* (tomate)

Consecutivamente, después de 11 días se evaluó el crecimiento radicular de cada semilla de lechuga (*Lactuca sativa*) y de tomate (*Solanum lycopersicum*) (anexo 2 y 3). Se observó que en

los tratamientos 3 (Gesaprim 100 $\mu\text{g/mL}$), 4 (extracto hexánico) y 6 (extracto metanólico $\mu\text{g/mL}$), hubo un efecto significativo, además de esto, se logró observar que las semillas tratadas con Tween 80 al 1 %, con el extracto hexánico, el extracto metanólico y el extracto clorofórmico, mostraron un amarillamiento en las hojas posiblemente debido a que estos tratamientos son inhibidores de la fotosíntesis.

Finalmente, se evaluó la longitud radicular de cada plántula de lechuga (*Lactuca sativa*) y tomate (*Solanum lycopersicum*) después de 11 y 10 días, respectivamente. (Anexo 4)

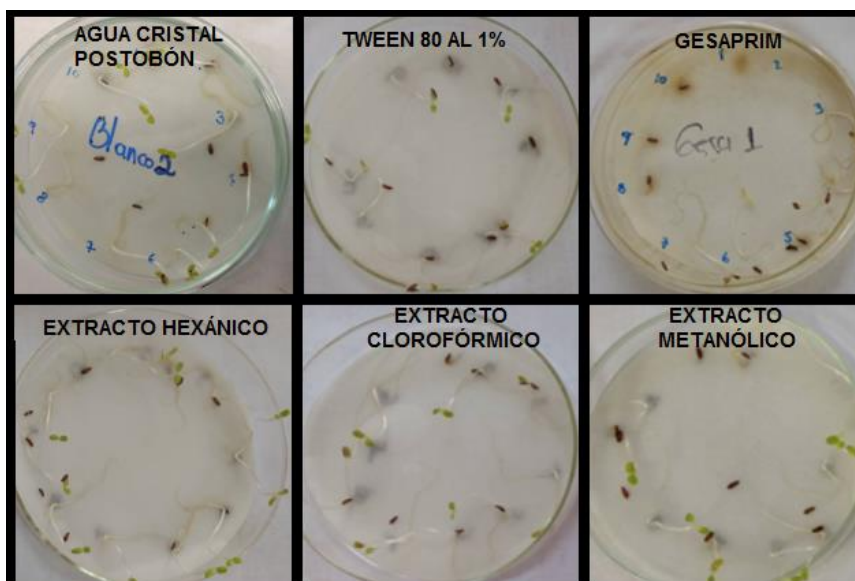


Figura 28. Efecto causado por cada uno de los tratamientos en las plántulas de lechuga (*Lactuca sativa*).

7.10. Análisis Estadístico

H₀: $\mu T_1 = \mu T_2 = \mu T_3 = \mu T_4 = \mu T_5 = \mu T_6 = \mu T_7$ (Todos los tratamientos tienen el mismo efecto sobre el crecimiento radicular de las semillas)

H_i: $\mu_0 \neq \mu_i$ (Al menos un tratamiento genera un crecimiento radicular promedio distinto a los demás)

Variable respuesta: longitud radicular

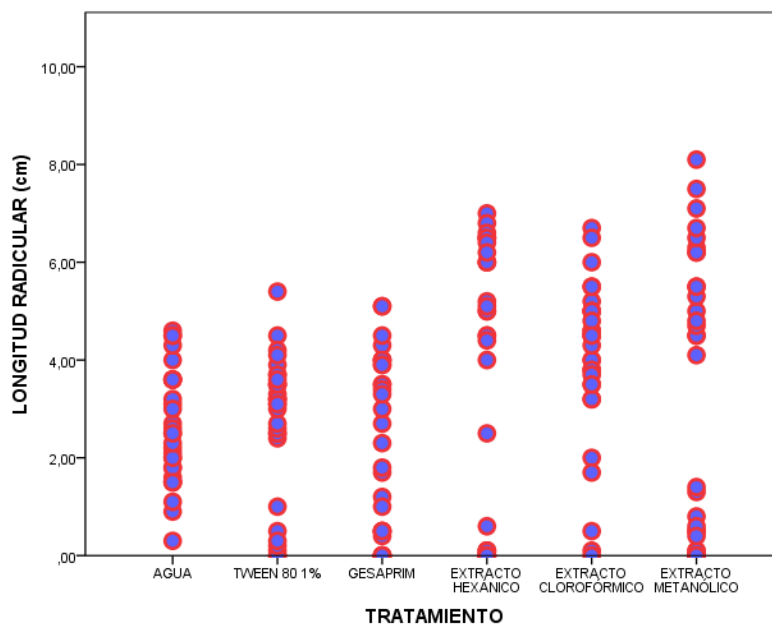
Factor: tratamiento

Factor bloqueado: semilla

Tratamientos: 7

Diseño por bloques unifactorial completamente aleatorizado

Semillas de lechuga



Gráfica 1. Dispersión de variabilidad heterogénea

En el gráfico 1 de dispersión se observa una variabilidad aparentemente heterogénea. El gráfico sugiere que no hay un patrón en el crecimiento radicular de las semillas de lechuga con respecto a los tratamientos. Sin embargo, se puede apreciar que en los tratamientos agua, Tween 80 1% y Gesaprim, hay un menor crecimiento en la longitud radicular de las plántulas de lechuga (*Lactuca sativa*), mientras que los tratamientos con extracto hexánico, clorofórmico y metanólico promueven el crecimiento radicular.

Análisis de varianza univariante

Tabla 6. Pruebas de los efectos inter-sujetos

Pruebas de los efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: LONGITUD RADICULAR (cm)					
Origen	Suma de cuadrados tipo III	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	1879,124 ^a	16	117,445	28,132	,000
TRATAMIENTO	64,539	5	12,908	3,092	,011
SEMILLA	50,147	10	5,015	1,201	,294
Error	684,656	164	4,175		
Total	2563,780	180			
• R cuadrado = ,733 (R cuadrado corregida = ,707).					

Según la tabla anterior debido a que el valor-P es menor que 0.05 y con un nivel de confianza del 95% se rechaza la hipótesis nula. Es decir, que al menos uno de los tratamientos genera un crecimiento promedio distinto a los demás.

Tabla 7. Comparaciones múltiples.

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: LONGITUD RADICULAR (cm)						
	(I)TRATAMIENTO	(J)TRATAMIENTO	Diferencia		Intervalo de	
			de medias	Error	confianza 95%	
			(I-J)	típ.	Sig.	Límite inferior superior
DMS	AGUA	TWEEN 80 1%	-,0667	,52756	,900	-1,1083 ,9750
		GESAPRIM	,3300	,52756	,532	-,7117 1,3717
		EXTRACTO	-1,1033*	,52756	,038	-2,1450 -,0617
		HEXÁNICO				
		EXTRACTO	-1,3567*	,52756	,011	-2,3983 -,3150
		COLOROFÓRMICO				
	TWEEN 80 1%	EXTRACTO	-,8567	,52756	,106	-1,8983 ,1850
		METANÓLICO				
		AGUA	,0667	,52756	,900	-,9750 1,1083
		GESAPRIM	,3967	,52756	,453	-,6450 1,4383
		EXTRACTO	-1,0367	,52756	,051	-2,0783 ,0050
		HEXÁNICO				
	GESAPRIM	EXTRACTO	-1,2900*	,52756	,016	-2,3317 -,2483
		COLOROFÓRMICO				
		EXTRACTO	-,7900	,52756	,136	-1,8317 ,2517
		METANÓLICO				
		AGUA	-,3300	,52756	,532	-1,3717 ,7117
		TWEEN 80 1%	-,3967	,52756	,453	-1,4383 ,6450
		EXTRACTO	-1,4333*	,52756	,007	-2,4750 -,3917
		HEXÁNICO				
		EXTRACTO	-1,6867*	,52756	,002	-2,7283 -,6450
		COLOROFÓRMICO				

	EXTRACTO	-1,1867*,52756	.026	-2,2283	-,1450
	METANÓLICO				
EXTRACTO	AGUA	1,1033*,52756	.038	,0617	2,1450
HEXÁNICO	TWEEN 80 1%	1,0367,52756	,051	-,0050	2,0783
	GESAPRIM	1,4333*,52756	.007	,3917	2,4750
	EXTRACTO	-,2533,52756	,632	-1,2950	,7883
	CLOROFÓRMICO				
	EXTRACTO	,2467,52756	,641	-,7950	1,2883
	METANÓLICO				
EXTRACTO	AGUA	1,3567*,52756	.011	,3150	2,3983
CLOROFÓRMICO	TWEEN 80 1%	1,2900*,52756	.016	,2483	2,3317
	GESAPRIM	1,6867*,52756	.002	,6450	2,7283
	EXTRACTO	,2533,52756	,632	-,7883	1,2950
	HEXÁNICO				
	EXTRACTO	,5000,52756	,345	-,5417	1,5417
	METANÓLICO				
EXTRACTO	AGUA	,8567,52756	,106	-,1850	1,8983
METANÓLICO	TWEEN 80 1%	,7900,52756	,136	-,2517	1,8317
	GESAPRIM	1,1867*,52756	.026	,1450	2,2283
	EXTRACTO	-,2467,52756	,641	-1,2883	,7950
	HEXÁNICO				
	EXTRACTO	-,5000,52756	,345	-1,5417	,5417
	CLOROFÓRMICO				

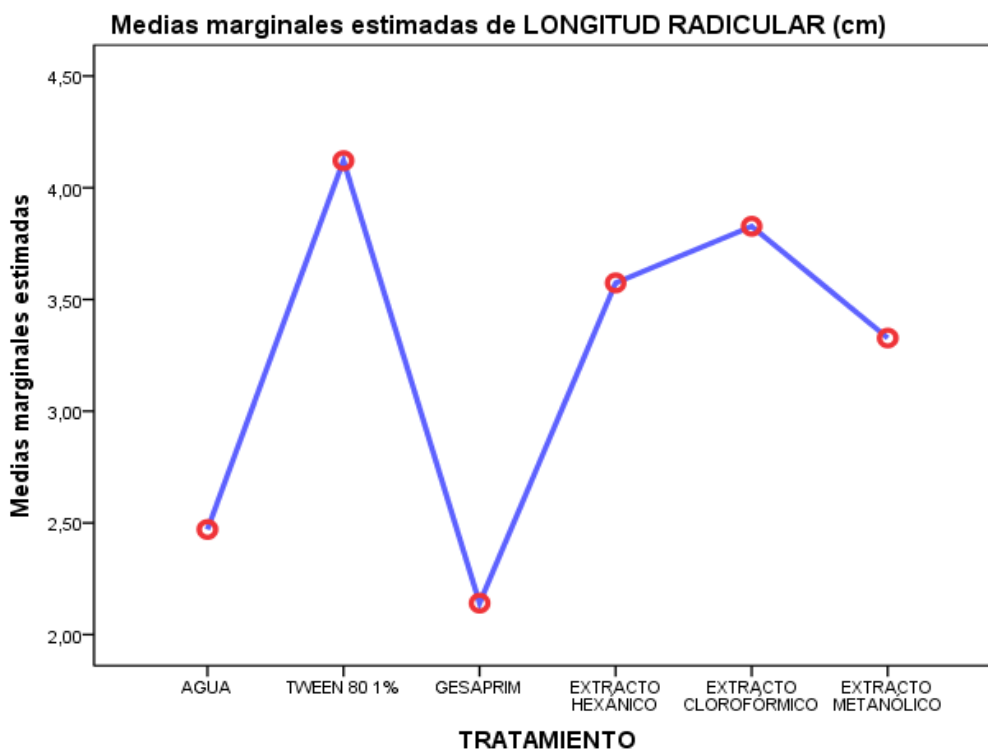
Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 4,175.

*. La diferencia de medias es significativa al nivel ,05.

a. Las pruebas t de Dunnett tratan un grupo como control y lo comparan con todos los demás grupos.

De acuerdo con la prueba de comparaciones múltiples de Fisher (tabla 7) (DMS) hay diferencia estadísticamente significativa entre los extractos hexánico, clorofórmico y metanólico con respecto al agua. Se aprecia que estos tres tratamientos promueven el crecimiento radicular en las plántulas de lechuga (*Lactuca sativa*)



Gráfica 2. Medias marginales estimadas de la longitud radicular.

De acuerdo con la gráfica 2 de perfiles, el Tween 80 1% es el que genera el mayor crecimiento radicular, mientras que el gesaprim es el tratamiento que mayormente inhibe el crecimiento radicular de las semillas de lechuga (*Lactuca sativa*).

Pruebas de Normalidad

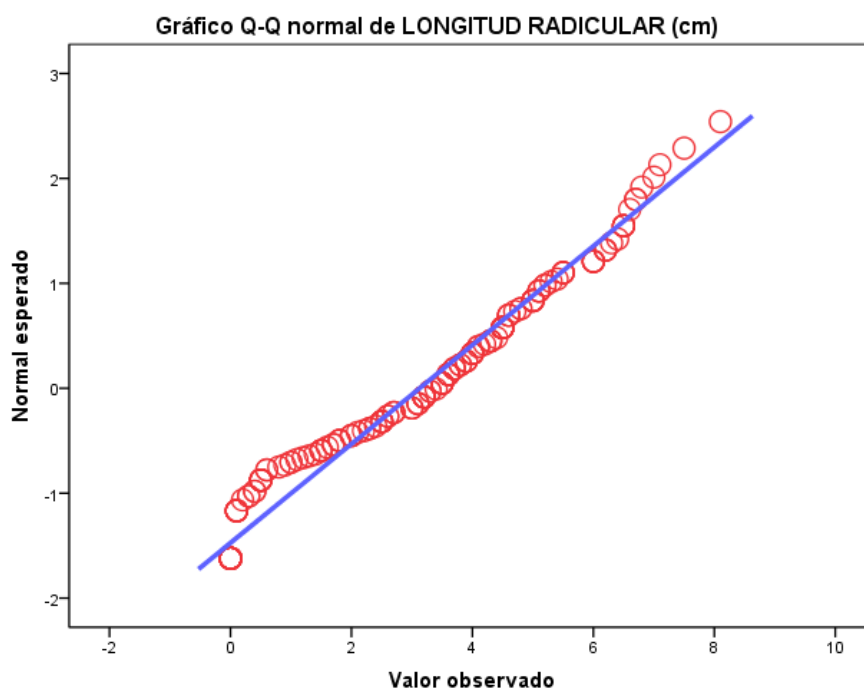
H_0 : Los datos tienen normalidad.

H₁: Los datos no tienen normalidad

Tabla 8. *Pruebas de normalidad*

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	Gl	Sig.
LONGITUD RADICULAR (cm)	,105	180	,200	,950	180	,190
a. Corrección de la significación de Lilliefors						

El valor-P en la prueba de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk (tabla 19) es 0.200, 0.190, respectivamente. Esto sugiere que cumple el supuesto de normalidad para los tratamientos y con un nivel de confianza del 95% es posible afirmar los tratamientos tienen una distribución normal.



Gráfica 3. Distribución normal de la longitud radicular.

El gráfico 3 sugiere que los datos tienen una distribución normal puesto que tienden a la linealidad.

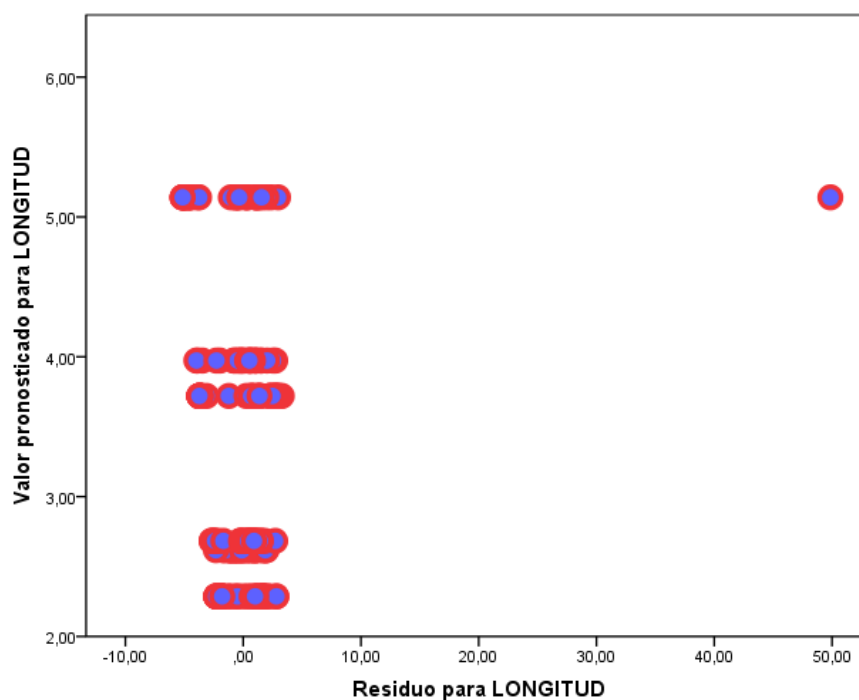
Tabla 6. Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error^a

Variable dependiente: LONGITUD RADICULAR (cm)			
F	gl1	gl2	Sig.
2,326	51	128	,000

Contrasta la hipótesis nula de que la varianza error de la variable dependiente es igual a lo largo de todos los grupos.

a. Diseño: TRATAMIENTO + SEMILLA

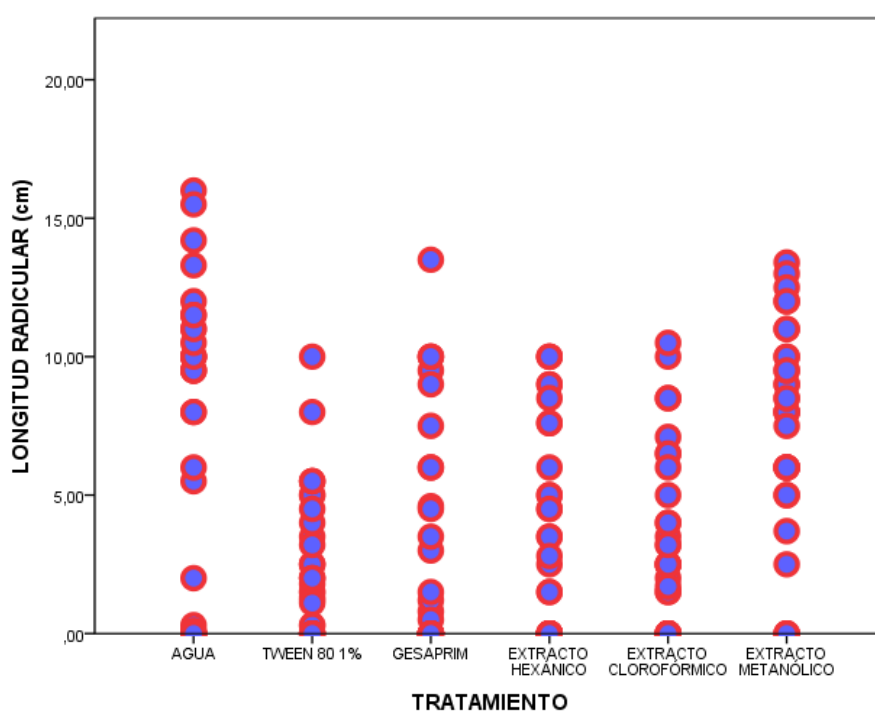
De acuerdo con la prueba del contraste de Levene (tabla 9) y debido a que el valor-P es menor que 0.05, no hay evidencia estadísticamente significativa, suficiente para afirmar que los datos cumplen con el supuesto de homocedasticidad.



Gráfica 4. Dispersión sin homocedasticidad.

De acuerdo con el gráfico de dispersión (grafica 4) no se cumple el supuesto de homocedasticidad ya que los residuales siguen un patrón de comportamiento.

Semillas de tomate



Gráfica 5. Dispersión de los tratamientos.

En el gráfico de dispersión (grafica 5) se observa una variabilidad medianamente heterogénea. El gráfico sugiere que no hay un patrón en el crecimiento radicular de las semillas de tomate con respecto a los tratamientos. Sin embargo, se puede apreciar que los tratamientos agua, gesaprim y extracto metanólico son los que promueven el mayor crecimiento radicular.

Tabla 7. Pruebas de los efectos inter-sujetos 2, longitud radicular.

Origen	Suma de cuadrados tipo III	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	4897,462 ^a	15	326,497	21,397	,000
TRATAMIENTO	745,866	5	149,173	9,776	,000
SEMILLA	99,840	9	11,093	,727	,684
Error	2517,798	165	15,259		
Total	7415,260	180			
a. R cuadrado = ,660 (R cuadrado corregida = ,630)					

Según la tabla anterior debido a que el valor-P es menor que 0.05 y con un nivel de confianza del 95% se rechaza H_0 . Es decir, que al menos uno de los tratamientos genera un crecimiento promedio distinto a los demás.

Tabla 8. Comparaciones múltiples de Fisher

Variable dependiente: LONGITUD RADICULAR (CM)

			Intervalo de confianza 95%			
			Diferencia de medias	Error típ.	Sig.	Límite inferior Límite superior
(I)TRATAMIENTO	(J)TRATAMIENTO	(I-J)				
DMS	AGUA	TWEEN 80 1%	4,7567*	1,00861	,000	2,7652 6,7481
		GESAPRIM	4,1267*	1,00861	,000	2,1352 6,1181
		EXTRACTO HEXÁNICO	3,7633*	1,00861	,000	1,7719 5,7548
		EXTRACTO CLOROFÓRMICO	4,0567*	1,00861	,000	2,0652 6,0481
		EXTRACTO METANÓLICO	-,1900	1,00861	,851	-2,1814 1,8014
	TWEEN 80 1%	AGUA	-4,7567*	1,00861	,000	-6,7481 -2,7652
		GESAPRIM	-,6300	1,00861	,533	-2,6214 1,3614
		EXTRACTO HEXÁNICO	-,9933	1,00861	,326	-2,9848 ,9981
		EXTRACTO CLOROFÓRMICO	-,7000	1,00861	,489	-2,6914 1,2914
		EXTRACTO METANÓLICO	-4,9467*	1,00861	,000	-6,9381 -2,9552
	GESAPRIM	AGUA	-4,1267*	1,00861	,000	-6,1181 -2,1352
		TWEEN 80 1%	,6300	1,00861	,533	-1,3614 2,6214
		EXTRACTO HEXÁNICO	-,3633	1,00861	,719	-2,3548 1,6281
		EXTRACTO CLOROFÓRMICO	-,0700	1,00861	,945	-2,0614 1,9214
		EXTRACTO METANÓLICO	-4,3167*	1,00861	,000	-6,3081 -2,3252
	EXTRACTO HEXÁNICO	AGUA	-3,7633*	1,00861	,000	-5,7548 -1,7719
		TWEEN 80 1%	,9933	1,00861	,326	-,9981 2,9848
		GESAPRIM	,3633	1,00861	,719	-1,6281 2,3548
		EXTRACTO CLOROFÓRMICO	,2933	1,00861	,772	-1,6981 2,2848
		EXTRACTO METANÓLICO	-3,9533*	1,00861	,000	-5,9448 -1,9619
	EXTRACTO CLOROFÓRMICO	AGUA	-4,0567*	1,00861	,000	-6,0481 -2,0652
		TWEEN 80 1%	,7000	1,00861	,489	-1,2914 2,6914
		GESAPRIM	,0700	1,00861	,945	-1,9214 2,0614
		EXTRACTO HEXÁNICO	-,2933	1,00861	,772	-2,2848 1,6981
		EXTRACTO METANÓLICO	-4,2467*	1,00861	,000	-6,2381 -2,2552

EXTRACTO	AGUA	,19001,00861	,851	-1,8014	2,1814
METANÓLICO	TWEEN 80 1%	4,9467*1,00861	,000	2,9552	6,9381
	GESAPRIM	4,3167*1,00861	,000	2,3252	6,3081
	EXTRACTO	3,9533*1,00861	,000	1,9619	5,9448
	HEXÁNICO				
	EXTRACTO	4,2467*1,00861	,000	2,2552	6,2381
	COLOROFORMICO				

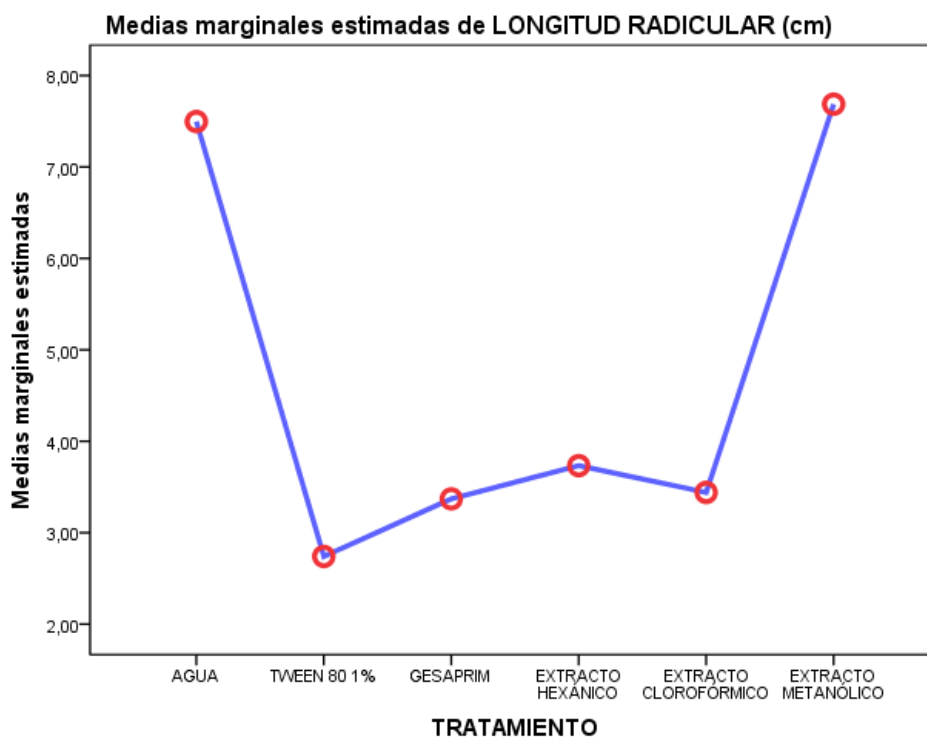
Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 15,259.

*. La diferencia de medias es significativa al nivel ,05.

a. Las pruebas t de Dunnett tratan un grupo como control y lo comparan con todos los demás grupos.

De acuerdo con la prueba de comparaciones múltiples de Fisher (tabla 11) hay diferencia estadísticamente significativa en los tratamientos tween 80 1%, gesaprim, extracto hexánico y extracto clorofórmico con respecto al agua.



Gráfica 6. Medias marginales estimadas de longitud radicular

De acuerdo con el gráfico 6 de perfiles los tratamientos agua y extracto metanólico promueven el mayor crecimiento radicular en las plántulas de tomate, mientras que en el tratamiento que más se inhibe el crecimiento radicular es en el tween 80 1%.

- **PRUEBAS DE NORMALIDAD**

H0: Los datos tienen normalidad.

H1: Los datos no tienen normalidad.

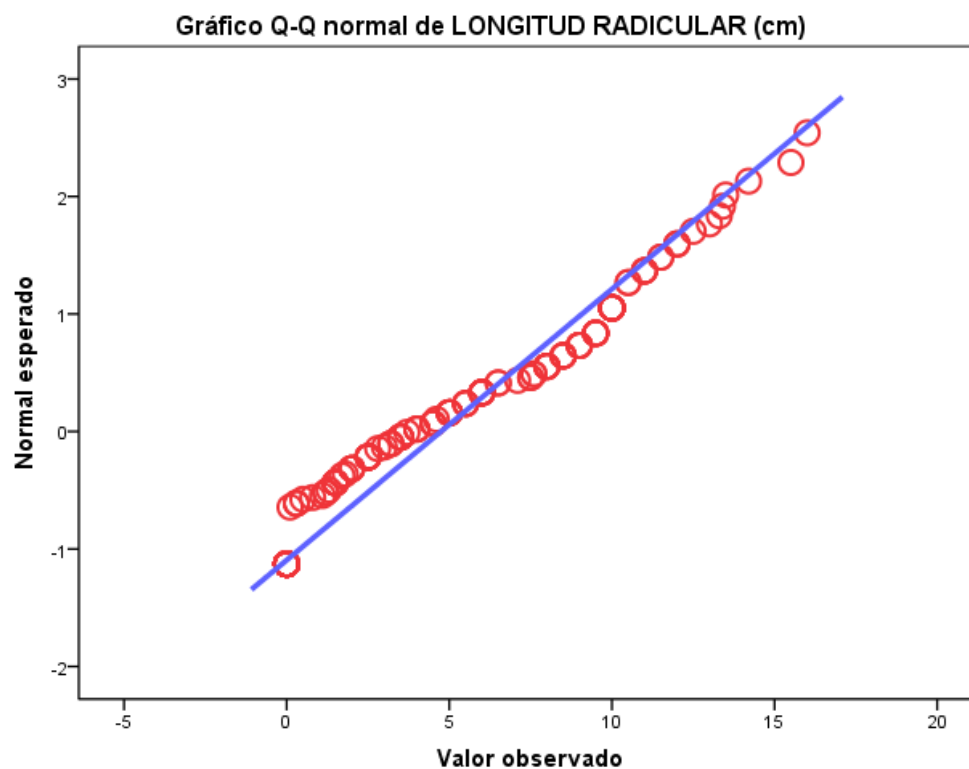
Tabla 9. Pruebas de normalidad

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Esta dístico	Gl	Si g.	Esta dístico	gl	Si g.
LONGITUD RADICULAR (cm)	,137	18 0	,30 0	,897	18 0	,12 4

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Debido a que el valor-P de las pruebas Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk es 0.300 y 0.124 se cumple el supuesto de normalidad para todos los tratamientos (tabla 12).



Gráfica 7. Distribución normal de la longitud radicular 2.

Según el gráfico 7, los datos tienen una distribución normal puesto que tienden a la linealidad.

Tabla 10. Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error

**Contraste de Levene sobre la igualdad de las
varianzas error^a**

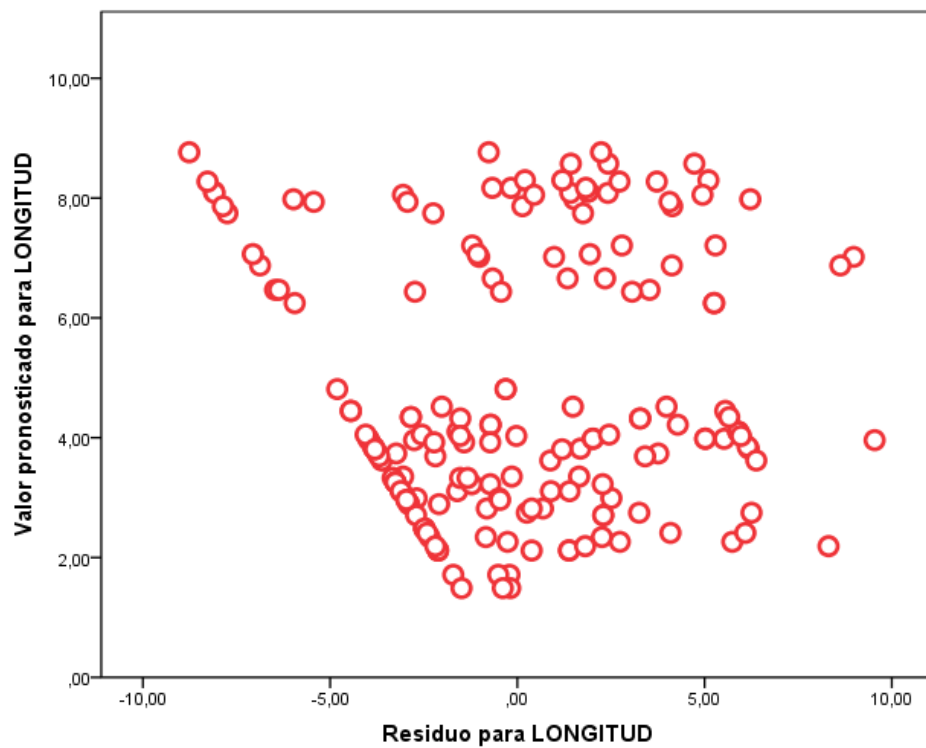
Variable dependiente: LONGITUD RADICULAR
(CM)

F	gl1	gl2	Sig.
1,204	59	120	,196

Contrasta la hipótesis nula de que la varianza error de la variable dependiente es igual a lo largo de todos los grupos.

a. Diseño: TRATAMIENTO + SEMILLA

De acuerdo con la prueba del contraste de Levene (tabla 13) y con un nivel de confianza del 95% se cumple el supuesto de homocedasticidad ya que el valor-P es mayor que 0,05.



Gráfica 8. Dispersión supuesto de homocedasticidad.

El gráfico de dispersión (grafico 8) sugiere que se cumple el supuesto de homocedasticidad ya que los residuales no siguen ningún patrón.

8. Conclusiones

La técnica CG-MS permitió establecer la presencia y la identidad química de los ácidos correspondientes a los ésteres que se encuentran acilando los núcleos oligosacáridos de las resinas glicosídicas, presentes en la especie *Ipomoea Purpúrea L Roth*; como a los azúcares que se encuentran en el núcleo oligosacárido de las resinas glicosídicas de esta especie.

Mediante los métodos degradativos como la hidrólisis alcalina y ácida se identificaron los ácidos orgánicos en el extracto hexánico como: el ácido octanóico, el ácido decanóico y el ácido hexadecanóico y en el extracto metanólico, los tres ácidos anteriormente dichos y adicionalmente el ácido dodecanóico y el ácido tíglico.

Se determinó la presencia de resinas glicosídicas en los extractos hexánico y metanólico mediante cromatografía en capa fina por la formación de un color marrón en las placas, de igual forma, la prueba cualitativa de Keller Killiani dio positivos para los mismos extractos.

Los azúcares correspondientes al núcleo oligosacárido de las resinas glicosídicas de la *Ipomoea Purpúrea L. Roth* que se encontraron en el extracto hexánico y metanólico fueron: D-Glucosa, D-Quinovosa, D-Fucosa, D-Xilosa y L-Ramnosa.

Se evaluó la actividad alelopática de los extractos hexánico, clorofórmico y metanólico de las partes aéreas de *Ipomoea purpúrea*, en semillas de lechuga y tomate. Los resultados permitieron determinar que los extractos hexánico y metanólico inhibieron la germinación de las semillas por un tiempo de 24 horas. Adicionalmente, estos extractos mostraron promover un crecimiento significativo de las raíces en plántulas, información que fue validada estadísticamente. El disolvente Tween 80% mostró afectar el crecimiento de las semillas, por lo tanto, se recomienda en estudios posteriores emplear Tween 20 % al 1 %.

9. Referencias

- al., C. e. (2013). Empleo de métodos analíticos moderno para el aislamiento y la identificación de resinas glicosídicas de la familia convolvuláceae. 18-19.
- Arias, H. ., (2011). Caracterización ecológica y fitoquímica de la batatilla *Ipomoea Purpúrea* L. Roth (solanales, convolvuláceae) en el municipio de Manizales. *Scielo*.
- Atala, c. G. (2009). La sequía limita la inducción de trepado por daño foliar en la planta trepadora (convolvuláceae). *Scielo*.
- Bonifacino, M., Rossado, A., & Souza, M. (2015). *Sistemática de plantas vasculares*. Obtenido de http://www.thecompositaehut.com/www_tch/Integrantes.html
- Br., S. S. (s.f.). *Flora iberica vol. XI*. Talavera S. & al.
- Carranza, E. (Noviembre de 2007). *flora del bajío y de regiones adyacentes*. Obtenido de <http://www1.inecol.edu.mx/publicaciones/resumeness/FLOBA/ConvolvulaceaeI151.pdf>
- Castañeda-Gómez J, C. P.-M. (2013). Empleo de métodos analíticos modernos para el aislamiento y la identificación de resinas glicosídicas de la familia convolvuláceae. 18-19.
- Castañeda-Gómez J, C. P.-M. (2013). Empleo de métodos analíticos modernos para el aislamiento y la identificación de resinas glicosídicas de la familia convolvuláceae.
- Castañeda-Gómez J. (2017). HPLC-MS profiling of the multidrug-resistance modifying resin glycoside content of *Ipomoea alba* seeds. *Brazilian Journal of Pharmacognosy*.
- Catálogo de plantas y líquenes de Colombia* . (s.f.). Obtenido de <http://catalogoplantasdecolombia.unal.edu.co/es/>
- Chao, J., & Dermarderosian, A. (1973). Identification of Ergoline Alkaloids in the Genus *Argyrea* and related genera and their chemotaxonomic implications in the convolvulaceae. *Scielo. Phytochemistry*.
- Charry Sánchez, P. (2015). Estudio fitoquímico de la especie *Ipomoea hederifolia* (Batatilla roja). Armenia, Colombia.
- concenço, g. M. (2014). Infestación de especies de malezas en el café copnventional o intercalo con banana, bajo sistema agroecológico. *Scielo* .

Convolvuláceae. (s.f.). Obtenido de
<http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/convolvulaceae/ipomoea-purpurea/fichas/pagina1.htm>

Cromatografía . (s.f.). Obtenido de
<http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivoz/curzoz/cromatografia.pdf>

Cromatografía de Columna . (s.f.). Obtenido de
<http://www.uprm.edu/biology/profs/velez/cromatografias.htm>

Cromatografía de gases. (s.f.). Obtenido de http://ocw.usal.es/ciencias-experimentales/analisis-aplicado-a-la-ingenieria-quimica/contenidos/course_files/Tema_11.pdf

Espectroscopía de masas. (s.f.). Obtenido de
http://www.mncn.csic.es/docs/repositorio/es_ES/investigacion/cromatografia/espectrometria_de_masas.pdf

Font-Rodríguez. (2014). Tecnologías sostenibles de preparación del suelo en la producción de boniato (ipomoea batatas Lam). Universidad de oriente. Santiago de Cuba, cuba. *SciELO*.

Galetto, L., Fioni, A., & Calviño, A. (2002). Éxito reproductivo y calidad de los frutos en poblaciones del extremo sur de la distribución de *Ipomoea purpurea* (Convolvaceae). *SciELO*, 25-32.

García, Perez, & Gracia. (2014). Evaluación de comportamiento postcosecha de la batata (*Ipomoea batata* L. Lam) en condiciones de almacenamiento comercial. *SciELO. Revista Iberoamericana de tecnología postcosecha*, vol 15., 177-186.

GÓMEZ de E., C. A., & MORALES, V. &. (2003). *Ecobiología de pajamona (Leptochloa filiformis), batatilla (Ipomoea sp.), rodilla de pollo (Boerhaavia erecta), granadilla (Paspalum fasciculatum) y mentolada (Stemodia durantifolia), malezas problema en el cultivo del algodón en los Valles cálidos del Alt.* Bogotá.

J. Castañeda Gómez., H. B.-M.-R. (2010). *Progresos en la química de los productos orgánicos naturales*. SpringerWienNewYork.

Lang, A. L. (2003). *Ecología química*. Plaza y Valdes.

Linares, E. (2001). *Aproximación al conocimiento de los bejucos en Colombia*. Bogotá.: Unibiblos.

- Losada, Brandao, & Laca. (1989). El ferule invsor cultura del café (*Coffea arabica* L.) en el estado de Minas Gerais, Brasil. *Scielo*.
- México, U. N. (s.f.). *Técnicas cromatográficas* . Obtenido de http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/M.Cromatograficos_6700.pdf
- Mondragón, J. V. (2004). *Convolvulaceae*. Obtenido de <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/convolvulaceae/ipomoea-purpurea/fichas/ficha.htm#2>
- Papa, J. C. (2005). *Detección de especies de malezas de*. Obtenido de <http://agrolluvia.com/wp-content/uploads/2010/06/DETECCI%C3%93N-DE-ESPECIES-DE-MALEZAS-DE-IMPORTANCIA-EMERGENTE-EN-EL-CENTRO-SUR-DE-LA-PROVINCIA-DE-SANTA-FE.pdf>
- Pérez, J. L. (2004). *astronauta.com*. Obtenido de <https://www.asturnatura.com/familia/convolvulaceae.html>
- Pérez, J. O., & Valderrey, J. L. (2004). *astronauta.com*. Obtenido de <https://www.asturnatura.com/familia/convolvulaceae.html>
- Pérez, M. (28 de Enero de 2013). *Botánica y jardines*. Obtenido de *Ipomoea purpurea*: <http://www.botanicayjardines.com/ipomoea-purpurea/>
- Técnicas cromatográficas . (2007). pág. http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/M.Cromatograficos_6700.pdf.
- Técnicas de separación cromatográficas*. (s.f.). Obtenido de http://ocw.uc3m.es/ciencia-e-oin/caracterizacion-de-materiales/material-de-clase-1/Apuntes_Tecnicas_de_separacion_cromatografica.pdf
- Vibrans, H. (2009). *Malezas de México* . Obtenido de <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/convolvulaceae/ipomoea-purpurea/fichas/ficha.htm#2>

ANEXOS

ANEXO 1. Preparación de soluciones:

- **Cromatografía en capa fina.**

Prueba de Keller Killiani:

Preparación de FeCl_3 al 5%

5g $\longrightarrow$ 100 mL

X $\longrightarrow$ 10 mL

$$x = \frac{5\text{ g} \times 10\text{ ml}}{100\text{ ml}} = 0.5\text{ g}$$

- **Hidrólisis ácida y básica.**

Preparación de 25 mL de KOH al 5%

5 g $\longrightarrow$ 100 mL

X $\longrightarrow$ 25 mL

$$x = \frac{5\text{ g} \times 25\text{ ml}}{100\text{ ml}} = 1.25\text{ g}$$

Preparación de HCl al 5%

100 g $\longrightarrow$ 5 g

25 g $\longrightarrow$ X

$$x = \frac{25\text{ g} \times 5\text{ g}}{100\text{ g}} = 1.25\text{ g}$$

$$1.25\text{ g} \times \frac{100\text{ g}}{37\text{ g}} = 3.38\text{ g}$$

$$d = \frac{m}{v}$$

$$1.14 \frac{g}{ml} = \frac{3.38g}{v}$$

$$v = \frac{3.38g}{1.14 \frac{g}{ml}} = 2.96ml$$

- Preparación de HCl al 4N: (Hidrólisis ácida)

$$50 \text{ ml HCl} \times \frac{4mol}{1000ml} \times \frac{36.469 \frac{g}{mol} \text{ HCl}}{1 \text{ mol HCl}} \times \frac{1 \text{ ml}}{1.18 \frac{g}{mol} \text{ HCl}} \div 0,37 = 16.7ml \text{ HCl}$$

- Preparación de KOH al 1N:

$$N = \frac{\# \text{ EQ}}{\text{Lts disolución}}$$

$$Eq = \frac{\text{Peso}}{\# \text{ de OH}}$$

$$1000 \text{ mL} \longrightarrow 56.1056g$$

$$25 \text{ ml} \longrightarrow X$$

$$x = \frac{25ml \times 56.1056g}{1000 \text{ ml}} = 1.4 \text{ g KOH}$$

ANEXO 2. Crecimiento radicular de la *Lactuca sativa* (lechuga)

Día 3 (16 de septiembre de 2017)



Figura 1. Tratamiento con blanco.



Figura 2. Tratamiento con Tween 80 al 1%.



Figura 3. Tratamiento con Gesaprim.



Figura 4. Tratamiento con extracto hexánico.



Figura 5. Tratamiento con extracto clorofórmico.



Figura 6. Tratamiento con extracto metanólico.

Día 6 (19 de septiembre de 2017)



Figura 7. Tratamiento blanco (agua).



Figura 8. Tratamiento con Tween 80 al 1%.



Figura 9. Tratamiento Gesaprim.



Figura 10. Tratamiento con extracto hexánico



Figura 11. Tratamiento extracto clorofórmico



Figura 12. Tratamiento extracto metanólico.

Día 9 (22 de septiembre de 2017)



Figura 13. Tratamiento blanco (agua).



Figura 14. Tratamiento Tween 80 al 1%.



Figura 15. Tratamiento Gesaprim.



Figura 16. Tratamiento extracto Hexánico.



Figura 17. Tratamiento extracto clorofórmico.



Figura 18. Tratamiento con extracto metanólico.

Día 11 (24 de septiembre de 2017).

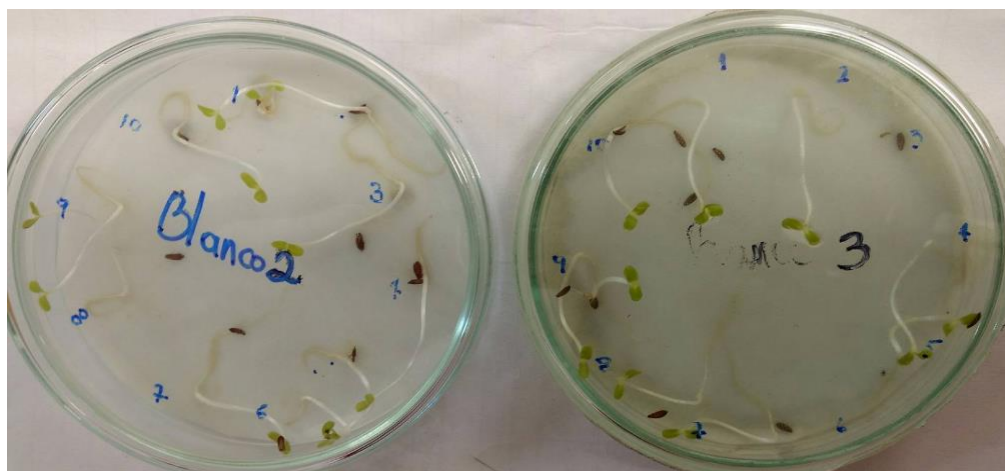


Figura 19. Tratamiento blanco (agua).

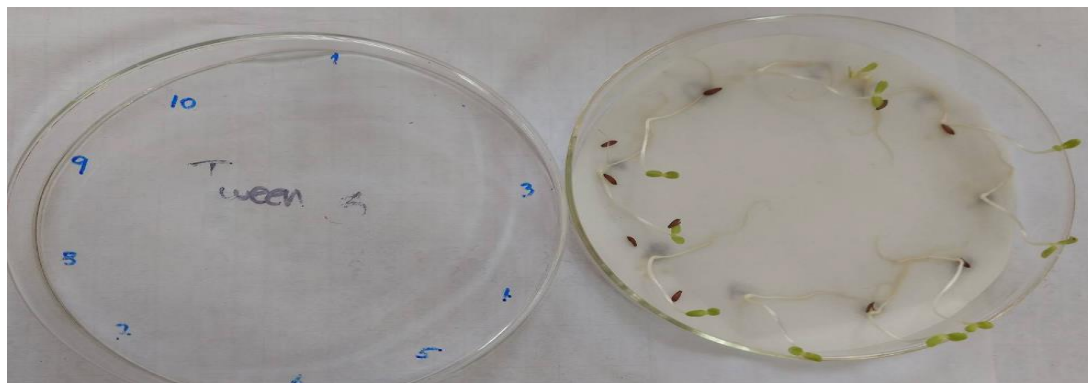


Figura 20. Tratamiento Tween 80 al 1%.



Figura 21. Tratamiento Gesaprim.

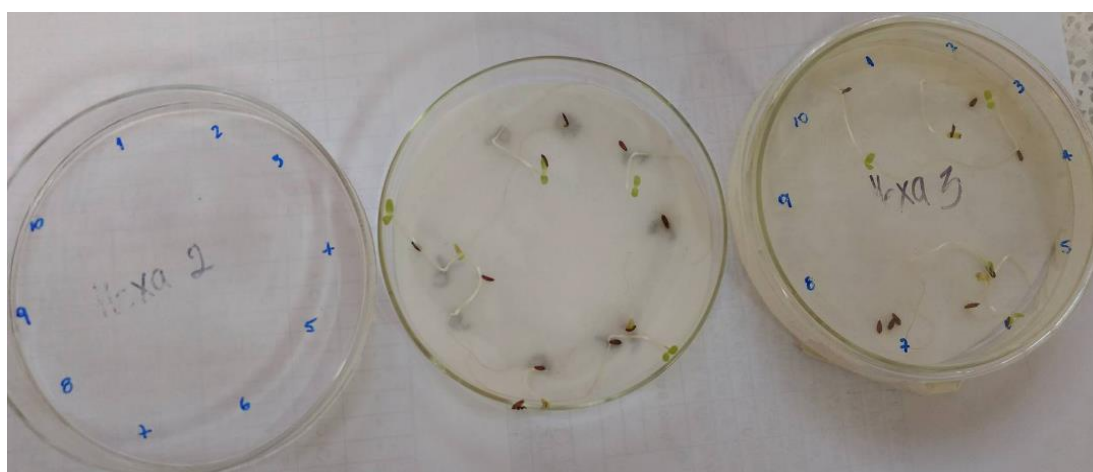


Figura 22. Tratamiento extracto hexánico.



Figura 23. Tratamiento extracto clorofórmico

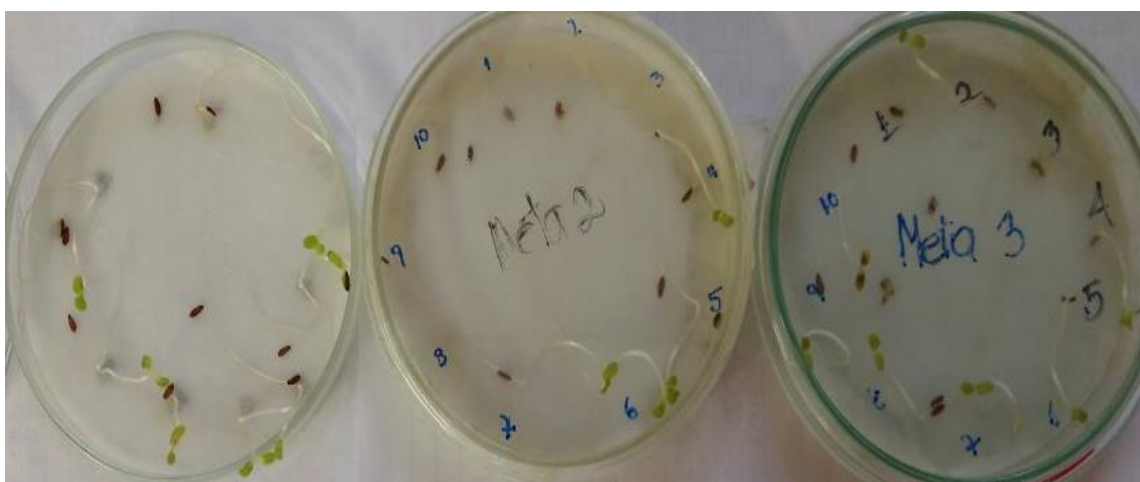


Figura 24. Tratamiento extracto metanólico.

ANEXO 3. Crecimiento radicular de semillas *Solanum lycopersicum* (tomate):

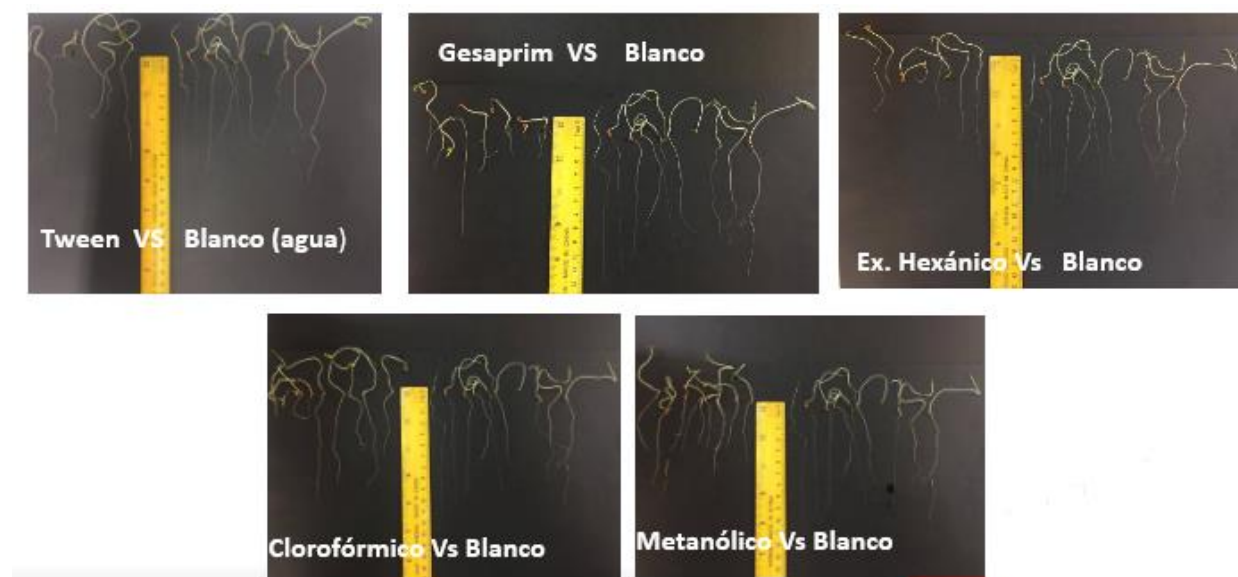


Figura 1. Comparación del tratamiento blanco con los demás tratamientos (Tween 80 al 1%, Gesaprim, ex. Hexánico, ex. Clorofórmico, ex. Metanólico).

BLANCO 2					domingo (no medición)			Día de no medición		
	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DI A 6	DIA 7	DIA 8	DIA 9	DIA 10
1	0	0	0	0		0	0		0	0
2	0,1	1	4	4,5		5, 5	8		8,7	9,5
3	0,1	1	4	5,5		7, 2	9		9,5	10
4	0,3	1,5	5	5,8		6, 2	9		10, 6	12
5	0	0,3	1	7		9	13		13, 8	14, 2
6	0,1	1,5	4	5,6		7, 5	11, 5		14, 6	16
7	0,4	2	4,2	6,2		7, 7	12, 5		12, 9	13, 3
8	0	0	1	1		1	3,5		4,5	9,5
9	0,6	2,5	0,5	6,5		8, 5	13		14, 2	15, 5
10	0	0	0,3	3,5		7, 5	9		10, 1	11, 5
BLANCO 3					domingo (no medición)			Día de no medición		

	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DI A 6	DIA 7	DIA 8	DIA 9	DIA 10
1	0,1	0,1	0,1	0,1		0, 1	0,1	0,1	0,1	0,1
2	0	0	0	0		0	0	0	0	0
3	0,5	2	3,5	5,6		10	10	10	10	10
4	0	0	0	0		0	0	0	0	0
5	0	0,3	0,3	0,5		1	1,3	1,5	1,6	2
6	0	0,1	0,3	4		4, 5	5,5	5,6	5,7	6
7	0,1	1	3	3,5		5	6,5	7,4	8,3	11
8	0	0,3	1	3		5, 5	8,5	9,3	9,7	10, 5
9	0,1	1	2,3	3,5		6	9	9,6	10, 2	11
10	0,2	1	3,6	5,7		6, 2	8	8,4	10, 6	11, 5
TWEEN 1					domingo (no medición)			Día de no medición		
	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DI A 6	DIA 7	DIA 8	DIA 9	DIA 10
1	0	0	0,1	1		1	1,2		1,4	1,5
2	0	0	0	0		0, 1	0,1		0,2	0,3
3	0	0	0	0		0	0		0,1	0,3
4	0	0,05	1	1		1	1,5		1,5	1,5

5	0	0	0,1	0,5		0,8	0,8		1,6	2,5
6	0	0,7	1,7	4,8		6,7	7,6		7,8	8
7	0	0	0	0		0	0		0	0
8	0	0	0	0		0	0		0	0
9	0	0	0,1	0,4		0,7	1,5		2,3	3,5
10	0	0	0,1	0,5		0,8	1		1,2	1,3
TWEEN 2					domingo (no medición)			Día de no medición		
	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DI A 6	DIA 7	DIA 8	DIA 9	DIA 10
1	0	0	0	0		0	0		0	0
2	0	0	0	0,2		0,6	1		3,1	5,5
3	0,4	1,2	1,5	1,5		1,5	1,5		3,7	5
4	0,3	1,6	2,5	2,5		2,5	2,5		3,1	4
5	0	0	0,1	1		1,8	2		2	2
6	0,1	0,8	2	2		2	3		4	5

7	0	0,6	2	5,6		8,5	9,5		9,8	10
8	0	0	0	0,3		0,8	1,3		1,6	1,8
9	0	0,4	0,5	1		1,5	2		2,3	2,5
10	0	0	0	0		0	0		0	0
TWEEN 3					domingo (no medición)			Día de no medición		
	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DI A 6	DIA 7	DIA 8	DIA 9	DIA 10
1	0	0,1	0,5	1		1,2	1,2		1,2	1,2
2	0,1	0,6	1	2		2,3	2,3		2	2,5
3	0,4	1	2	2		2	2,2		2,8	3,2
4	0	0,6	1,5	3,2		3,5	3,6		4	4,5
5	0	0	0,1	1,1		1,2	1,5		4,3	5,5
6	0	0,5	1,3	1,5		2	2		2	2
7	0	0,8	2	3,3		5	5,5		5,5	5,5
8	0	0,5	1	1,4		1,8	1,8		1,9	2
9	0	0	0	0		0	0		0	0

GESAPRIM 2					domingo (no medición)			Día de no medición		
	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DI A 6	DIA 7	DIA 8	DIA 9	DIA 10
1	0	0	0	0		0	0		0	0
2	0	0	0	1		3, 2	4		4,4	4,5
3	0	0	0	0		0	0		0	0
4	0	0	0	0		0	0		0	0
5	0	0	0	0		0	0		0	0
6	0	0	0	0		0	0		0	0
7	0	0	0	0		0	0		0	0
8	0	0	0	0		0	0		0	0
9	0	0,6	1	1,3		2, 2	2,5		2,8	3
10	0	0,4	1,5	1,5		1, 5	1,8		3	3,5
GESAPRIM 3					domingo (no medición)			Día de no medición		
	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DI A 6	DIA 7	DIA 8	DIA 9	DIA 10
1	0	1	1,5	1,5		1, 5	1,5		1,5	1,5

2	0	0,6	2	3,6		4,5	6		8,8	10
3	0	0	0	0		0	0,5		5	6
4	0	0	0,2	0,3		0,3	0,5		0,5	0,5
5	0	0	0	0		0	0		0	0
6	0	0	0	0		0	0		0	0
7	0	0	0	0		0	0		0	0
8	0	0	0,1	1,6		4,5	10,1		10,1	13,5
9	0,3	1,4	3,5	3,8		4,5	7,9		7,9	9
10	0	0	1,5	0		0	0		0	0
HEXÁNICO 1					domingo (no medición)			Día de no medición		
	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DI A 6	DIA 7	DIA 8	DIA 9	DIA 10
1	0,3	1	2	2		2	3,5		4,7	5
2	0	0,8	1,2	4,7		6,2	8		8,8	9
3	0	0	0	0		0,5	0,5		1,2	1,5
4	0	0,4	2	6,2		8,5	8,5		9,6	10

5	0	0	0	0		0,4	0,4		3	3,5
6	0	0	0	0		0	0		0	0
7	0	0,4	0,5	1		2,5	3		4	4,5
8	0	0,5	1,4	2,8		5,5	6		7,1	7,6
9	0	0	0	0		0	0		0	0
10	0	0	0	0		0	0		0	0
HEXÁNICO 2					domingo (no medición)			Día de no medición		
	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DI A 6	DIA 7	DIA 8	DIA 9	DIA 10
1	0,3	1	2	2		2	3,5		4,7	5
2	0	0,8	1,2	4,7		6,2	8		8,8	9
3	0	0	0	0		0,5	0,5		1,2	1,5
4	0	0,4	2	6,2		8,5	8,5		9,6	10
5	0	0	0	0		0,4	0,4		3	3,5
6	0	0	0	0		0	0		0	0
7	0	0,4	0,5	1		2,5	3		4	4,5

CLOROFORMO 1					domingo (no medición)			Día de no medición		
	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DI A 6	DIA 7	DIA 8	DIA 9	DIA 10
1	0,3	1,5	2,3	2,7		3	4		5,6	6,5
2	0	0	0	0		0	0		0	0
3	0	0,77	1,1	1,1		1, 2	1,5		1,5	1,5
4	0	1,2	1,9	3,7		4	4		4,5	5
5	0,3	0,7	0,7	1		2	2		2,3	2,5
6	0	0	0	0		0	0		0	0
7	0,5	2,5	4	5,1		6, 5	7		8	8,5
8	0	0,4	1	1,5		2	4		8	10
9	0	0,1	0,3	1		2	2		2	2
10	0,1	1,3	2,1	4,8		7, 5	9,5		10, 3	10, 5
CLOROFORMO 2					domingo (no medición)			Día de no medición		
	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DI A 6	DIA 7	DIA 8	DIA 9	DIA 10
1	0	1	1,5	1,7		2, 5	3		7,6	8,5

2	0	1	1,8	2,7		3,5	5		6,8	7,1
3	0,3	1,5	2	33,8		5,5	5,5		6,1	6,5
4	0	0	0	0		0	0		0	0
5	0	0,7	1,5	2		2,5	3		3,2	3,2
6	0	0	0	0		0	0		0	0
7	0	0	0,6	3		3,3	3,5		5,1	6
8	0,1	1	1,4	1,8		2,5	2,5		2,5	2,5
9	0,2	1	2	2,7		3,5	3,5		3,5	3,5
10	0	0,5	1	2,5		3	3		3,8	4
CLOROFORMO 3					domingo (no medición)			Día de no medición		
	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DI A 6	DIA 7	DIA 8	DIA 9	DIA 10
1	0	0	0	0		0	0		0	0
2	0	0,4	1,3	1,4		1,5	1,5		1,5	1,5
3	0	0	0	0		0	0		0	0
4	0	0	0	0		0	0		0	0

5	0	0	0	1		1,5	1,7		1,7	1,7
6	0,1	1	2	2		2	2,1		2,4	2,5
7	0	0,1	0,6	1		1,6	2,5		2,5	2,5
8	0	0,3	1,2	1,3		1,8	3,5		3,9	4
9	0	0,2	0,9	1,7		2,3	3,2		3,2	3,2
10	0	0	0	0		0	0		0	0
METANÓLICO 1					domingo (no medición)			Día de no medición		
	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DI A 6	DIA 7	DIA 8	DIA 9	DIA 10
1	0	0,1	1	4,9		5,3	5,9		5,8	6
2	0	1,2	3,2	4,1		5	6,1		10,9	12
3	0	0	0	5		9	10,5		12,6	13,4
4	0	1	2	2		2,5	3,1		4,7	5
5	0	0,8	1,9	2,6		5,6	6,6		7,6	8

6	0,1	0	0,5	3		5,7	6		6	6
7	0	0,2	1,2	4,3		6,1	6,7		7,8	8
8	0	0	0	0		0	0		0	0
9	0	0	0	0		0	0		0	0
10	0	0,1	1	2		2,8	3,7		3,7	3,7
METANÓLICO 2					domingo (no medición)			Día de no medición		
	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DI A 6	DIA 7	DIA 8	DIA 9	DIA 10
1	0	0	0,1	2		3,8	5,3		7,6	8
2	0,1	1	2,7	3,5		4,3	5		5	5
3	0	0	0,2	3,8		4,7	7,1		8	8,5
4	0	0,3	1	4		4,6	8,1		12,1	13
5	0,2	2	3,7	6,1		6,8	7,1		7,3	7,5
6	0,1	1,5	3,9	6,7		9	10		10	10
7	0	0	0	0		0	0		0	0

8	0	1,3	3,5	5,3		8, 2	8,5		10, 2	11
9	0	0,5	1	5		5, 5	6,3		7,4	9
10	0	0,8	1,5	3		4, 3	5,1		5,7	6
METANÓLICO 3					domingo (no medición)			Día de no medición		
	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DI A 6	DIA 7	DIA 8	DIA 9	DIA 10
1	0,3	1,5	3	4,1		5	5,7		6	9
2	0	0	0	0,2		0, 7	1,2		2	2,5
3	0,4	1,7	3,1	5		8	8,6		9	9,5
4	0,5	1,5	3,3	7,2		8, 2	8,4		8,5	8,5
5	0,4	1,7	2,8	5,1		7, 5	9,5		10	10
6	0,1	1	3,2	6,5		7	7,6		11, 7	12, 5
7	1	3	5	6		6, 5	8,1		10, 2	11
8	0,3	2,5	5,2	6,1		7, 8	8,3		9,6	12

9	0	1,1	2,6	3,5		5, 5	5,8		6	6
10	0,3	1,8	3,6	4		4, 5	6		8,4	9,5

Tabla 2. Crecimiento radicular por días de la *Lactuca sativa* (lechuga).

TRATAMIENTO 1 AGUA (REPLICA 1)							
CRECIMIENTO RADICULAR (Cm)							
FECHA	14/09/2017	15/09/2017	16/09/2017	17/09/2017	18/09/2017	19/09/2017	20/09/2017
SEMILLAS	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7
1	0.1	0.6	0.6	*	0.8	1.1	1.3
2	0.1	0.7	0.7	*	1.1	1.6	1.8
3	0.2	0.7	0.9	*	1.9	2.0	2.0
4	0.3	0.6	1.1	*	1.8	2.1	2.1
5	0	0.5	0.6	*	1.1	1.4	1.6
6	0.1	0.8	1.1	*	1.7	1.8	2.1
7	0.5	0.8	1.0	*	1.2	1.3	1.5
8	0.1	0.6	0.7	*	1.9	2.3	2.3
9	0	0.2	0.2	*	0.2	0.3	0.7
10	0	0	0	*	0	0	0
TRATAMIENTO 1 AGUA (REPLICA 2)							
CRECIMIENTO RADICULAR (Cm)							
SEMILLAS	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7
1	0.3	0.6	0.7	*	2.1	2.7	2.9
2	0.4	0.8	1.0	*	1.5	1.8	2.4
3	0.3	0.8	1.2	*	1.8	2.4	2.7
4	0.4	0.8	1.1	*	1.3	1.5	1.5
5	0.4	0.8	1.0	*	1.7	2.0	2.0
6	0.3	0.5	0.6	*	0.8	0.8	0.8
7	0.1	0.7	0.7	*	2.0	2.5	3.1
8	0.0	0.6	0.7	*	2.4	2.6	2.7

9	0.3	0.7	0.8	*	1.3	1.8	1.9
10	0.4	0.7	0.8	*	1.9	2.7	2.9
TRATAMIENTO 1 AGUA (REPLICA 3)							
CRECIMIENTO RADICULAR (Cm)							
SEMILLAS	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7
1	0.5	1.1	1.8	*	3.9	4.2	4.4
2	0.1	0.4	0.4	*	2.2	2.5	2.9
3	0.1	0.2	0.3	*	0.3	0.3	0.3
4	0.6	1.1	1.2	*	2.9	3.4	3.5
5	0.6	1.4	2.3	*	2.5	2.5	3.7
6	0.5	1.2	1.4	*	3.3	3.5	3.6
7	0.4	1.1	1.5	*	3.2	3.6	3.8
8	0.2	0.2	0.2	*	0.4	1.2	1.8
9	0.3	0.8	1.4	*	3.2	3.8	4.1
10	0.6	1.1	1.9	*	3.8	4.1	4.4
TRATAMIENTO 2 TWEEN (REPLICA 1)							
CRECIMIENTO RADICULAR (Cm)							
SEMILLAS	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7
1	0.4	0.7	0.9	*	2.1	2.5	3.0
2	0.0	0.5	0.6	*	0.5	0.5	0.5
3	0.0	0.6	0.7	*	1.3	2.8	3.0
4	0.0	0.5	0.7	*	1.1	1.9	2.3
5	0.4	0.9	1.1	*	1.9	2.4	2.6
6	0.0	0.0	0.0	*	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.6	0.7	*	1.4	1.4	2.2

8	0.0	0.0	0.0	*	0.0	0.0	0.0
9	0.0	0.6	0.8	*	2.1	3.1	3.5
10	0.0	0.0	0.0	*	0.0	0.0	0.0
TRATAMIENTO 2 TWEEN (REPLICA 2)							
CRECIMIENTO RADICULAR (Cm)							
SEMILLAS	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7
1	0.1	0.6	0.8	*	2.9	3.8	4.0
2	0.0	0.0	0.0	*	0.2	0.2	0.2
3	0.3	0.3	0.3	*	0.3	0.3	0.3
4	0.0	0.2	0.2	*	0.4	0.4	0.4
5	0.0	0.4	0.8	*	2.4	2.6	4.0
6	0.4	0.6	0.7	*	1.6	2.1	2.4
7	0.0	0.4	0.8	*	2.7	3.5	3.6
8	0.3	0.5	0.8	*	1.9	2.5	2.9
9	0.2	0.8	1.3	*	1.7	1.9	2.2
10	0.1	0.7	0.8	*	2.0	2.3	3.5
TRATAMIENTO 2 TWEEN (REPLICA 3)							
CRECIMIENTO RADICULAR (Cm)							
SEMILLAS	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7
1	0.4	0.7	1.0	*	1.6	1.8	2.1
2	0.0	0.2	0.4	*	1.9	1.9	2.5
3	0.2	0.6	1.0	*	2.2	3.2	3.3
4	0.3	0.7	0.8	*	1.2	1.2	1.3
5	0.4	0.6	0.9	*	1.6	2.2	2.3
6	0.4	0.8	0.8	*	1.7	2.1	2.5

7	0.3	0.7	0.8	*	2.5	2.8	3.5
8	0.2	0.7	0.8	*	1.9	2.5	2.7
9	0.2	0.8	0.8	*	1.4	2.2	2.4
10	0.0	0.5	0.6	*	2.7	2.4	3.0
TRATAMIENTO 3 GESAPRIM (REPLICA 1)							
CRECIMIENTO RADICULAR (Cm)							
SEMILLAS	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7
1	0.1	0.1	0.1	*	0.1	0.2	0.2
2	0.2	0.8	1.3	*	1.2	1.7	1.8
3	0.3	0.8	1.4	*	2.8	3.3	3.5
4	0.3	0.1	1.2	*	3.1	3.5	4.0
5	0.0	0.5	0.7	*	0.8	0.9	0.9
6	0.1	0.8	1.1	*	2.8	2.9	3.3
7	0.1	0.8	1.1	*	3.6	3.9	4.2
8	0.0	0.0	0.0	*	0.3	0.5	0.5
9	0.0	0.0	0.0	*	0.0	0.0	0.0
10	0.0	0.3	0.3	*	0.4	0.5	0.5
TRATAMIENTO 3 GESAPRIM (REPLICA 2)							
CRECIMIENTO RADICULAR (Cm)							
SEMILLAS	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7
1	0.4	0.9	1.5	*	4.2	4.4	5.0
2	0.0	0.0	0.0	*	0.4	0.4	0.4
3	0.3	0.9	1.1	*	3.6	3.7	3.8
4	0.0	0.5	0.6	*	1.7	2.2	2.3
5	0.0	0.7	1.1	*	2.8	2.9	3.7

6	0.0	0.0	0.2	*	1.1	1.4	1.4
7	0.2	1.1	1.2	*	3.3	3.5	3.6
8	0.0	0.2	0.3	*	1.7	2.8	3.0
9	0.0	0.0	0.0	*	0.0	0.0	0.0
10	0.3	1.1	1.4	*	2.6	4.2	4.4
TRATAMIENTO 3 GESAPRIM (REPLICA 3)							
CRECIMIENTO RADICULAR (Cm)							
SEMILLAS	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7
1	0.0	0.6	0.8	*	1.6	1.6	1.6
2	0.0	0.0	0.0	*	0.0	0.0	0.0
3	0.1	0.8	1.1	*	2.8	2.8	2.9
4	0.0	0.0	0.0	*	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	*	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.8	1.3	*	3.5	3.6	3.7
7	0.2	0.9	1.3	*	4.4	4.7	4.8
8	0.0	0.8	1.1	*	2.4	2.7	2.9
9	0.1	0.7	1.0	*	2.9	3.0	3.1
10	0.0	0.0	0.0	*	0.0	0.0	0.1
TRATAMIENTO 4 HEXANO (REPLICA 1)							
CRECIMIENTO RADICULAR (Cm)							
SEMILLAS	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7
1	0.0	0.0	0.0	*	0.0	0.0	0.0
2	0.1	0.7	1.2	*	2.9	3.3	3.8
3	0.0	0.2	0.9	*	3.7	4.5	5.7
4	0.2	1.0	1.3	*	4.4	5.2	6.1

5	0.1	0.8	1.2	*	3.3	4.5	4.8
6	0.1	0.5	0.6	*	1.0	1.7	1.9
7	0.0	0.0	0.0	*	0.0	0.0	0.0
8	0.5	1.1	1.8	*	3.4	3.8	4.0
9	0.0	0.0	0.0	*	0.0	0.0	0.0
10	0.2	0.9	1.0	*	2.7	3.9	4.2

TRATAMIENTO 4 HEXANO (**REPLICA 2**)

CRECIMIENTO RADICULAR (Cm)							
SEMILLAS	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7
1	0.0	0.6	1.0	*	3.9	4.3	4.4
2	0.0	0.0	0.0	*	0.0	0.0	0.0
3	0.1	0.1	0.1	*	0.1	0.1	0.1
4	0.3	0.9	1.5	*	4.8	5.6	5.8
5	0.0	0.4	0.8	*	3.2	3.3	3.5
6	0.0	0.4	0.8	*	3.1	3.2	3.4
7	0.0	0.5	1.0	*	4.5	5.3	5.4
8	0.0	0.0	0.0	*	0.0	0.0	0.0
9	0.0	0.6	1.1	*	4.3	5.1	6.0
10	0.0	0.0	0.0	*	0.1	0.1	0.1

TRATAMIENTO 4 HEXANO (**REPLICA 3**)

CRECIMIENTO RADICULAR (Cm)							
SEMILLAS	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7
1	0.0	0.5	0.8	*	4.2	4.9	5.1
2	0.4	0.9	1.3	*	3.0	3.1	3.2
3	0.0	0.1	0.1	*	0.1	0.1	0.1

4	0.0	0.5	0.9	*	4.8	5.4	5.6
5	0.0	0.4	0.9	*	3.9	4.8	5.9
6	0.0	0.0	0.0	*	0.7	0.7	1.5
7	0.0	0.0	0.0	*	0.0	0.0	0.0
8	0.3	0.9	1.2	*	1.5	1.7	1.7
9	0.0	0.0	0.0	*	0.0	0.0	0.0
10	0.0	0.0	0.0	*	0.0	0.0	0.0

TRATAMIENTO 5 CLOROFORMO (**REPLICA 1**)

CRECIMIENTO RADICULAR (Cm)

SEMILLAS	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7
1	0.0	0.0	0.0	*	0.5	0.5	0.5
2	0.0	0.4	0.8	*	4.1	4.8	4.9
3	0.0	0.0	0.0	*	0.0	0.0	0.0
4	0.1	0.6	1.0	*	3.2	3.7	3.8
5	0.3	0.7	1.1	*	2.4	3.9	4.0
6	0.4	0.7	1.2	*	2.8	3.0	3.2
7	0.0	0.5	1.1	*	2.6	3.2	3.3
8	0.0	0.5	0.9	*	3.8	4.5	5.2
9	0.0	0.0	0.0	*	0.0	0.0	0.0
10	0.1	0.6	1.0	*	3.4	3.8	4.4

TRATAMIENTO 5 CLOROFORMO (**REPLICA 2**)

CRECIMIENTO RADICULAR (Cm)

SEMILLAS	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7
1	0.4	0.7	1.4	*	4.5	4.7	5.4
2	0.1	0.6	1.0	*	3.0	3.4	3.9

3	0.0	0.2	0.5	*	1.8	1.9	2.0
4	0.0	0.5	0.8	*	1.9	2.3	2.8
5	0.3	0.9	1.2	*	2.1	2.3	2,5
6	0.0	0.5	0.7	*	2.6	3.6	4.0
7	0.1	0.7	0.8	*	3.5	3.7	3.9
8	0.2	0.7	1.2	*	1.6	1.9	2.1
9	0.1	0.4	0.6	*	2.8	3.4	4.6
10	0.0	0.0	0.0	*	0.0	0.0	0.0

TRATAMIENTO 5 CLOROFORMO (**REPLICA 3**)

CRECIMIENTO RADICULAR (Cm)

SEMILLAS	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7
1	0.2	0.6	0.9	*	3.2	4.3	4.5
2	0.2	0.7	1.1	*	3.3	4.0	4.5
3	0.4	0.7	1.1	*	2.3	3.3.	3.4
4	0.3	0.7	1.0	*	1.9	2.3	3.2
5	0.1	0.7	0.9	*	2.4	3.1	3.5
6	0.2	0.6	0.9	*	2.6	3.1	3.5
7	0.0	0.0	0.2	*	1.0	1.0	1.0
8	0.1	0.6	0.7	*	2.2	2.9	3.3
9	0.2	0.7	1.0	*	2.5	3.3	4.6
10	0.1	0.5	0.9	*	2.6	3.6	3.7

TRATAMIENTO 6 METANOL (**REPLICA 1**)

CRECIMIENTO RADICULAR (Cm)

SEMILLAS	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7
1	0.0	0.0	0.0	*	0.0	0.0	0.0

2	0.0	0.0	0.0	*	0.0	0.0	0.0
3	0.2	0.8	1.2	*	4.5	5.8	6.1
4	0.3	1.1	1.3	*	2.9	3.5	4.0
5	0.2	0.7	1	*	2.6	3.7	3.9
6	0.0	0.5	0.7	*	3.9	4.2	4.5
7	0.0	0.0	0.0	*	1.0	1.7	2.6
8	0.1	0.7	1.2	*	2.9	3.5	4.5
9	0.0	0.0	0.0	*	0.4	0.4	0.4
10	0.3	1	1.6	*	3.3	4.0	4.4

TRATAMIENTO 6 METANOL (**REPLICA 2**)

CRECIMIENTO RADICULAR (Cm)

SEMILLAS	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7
1	0.0	0.0	0.0	*	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0	*	0.0	0.0	0.0
3	0.1	0.9	1.4	*	4.2	5.3	5.7
4	0.2	0.4	0.4	*	0.5	0.5	0.5
5	0.4	1.1	1.5	*	3.7	4.0	4.4
6	0.2	1.1	1.5	*	4.2	5.0	5.6
7	0.3	1.0	1.4	*	2.9	3.6	3.7
8	0.0	0.2	0.6	*	1.1	1.2	1.2
9	0.0	0.0	0.0	*	0.0	0.0	0.0
10	0.1	0.1	0.1	*	0.1	0.1	0.1

TRATAMIENTO 6 METANOL (**REPLICA 3**)

CRECIMIENTO RADICULAR (Cm)

SEMILLAS	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7
----------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

1	0.0	0.0	0.0	*	0.0.	0.0	0.0
2	0.3	0.8	1.3	*	4.1	4.8	5.4
3	0.0	0.0	0.0	*	0.0	0.0	0.2
4	0.3	0.9	1.6	*	4.2	5.2	5.4
5	0.0	0.8	1.5	*	4.8	7.0	7.6
6	0.1	0.3	0.5	*	0.7	1.0	1.1
7	0.0	0.7	1.2	*	5.3	5.4	6.5
8	0.4	1.0	1.2	*	2.6	3.7	4.2
9	0.0	0.0	0.0	*	0.0	0.0	0.0
10	0.5	0.9	2.0	*	4.4	4.5	4.5

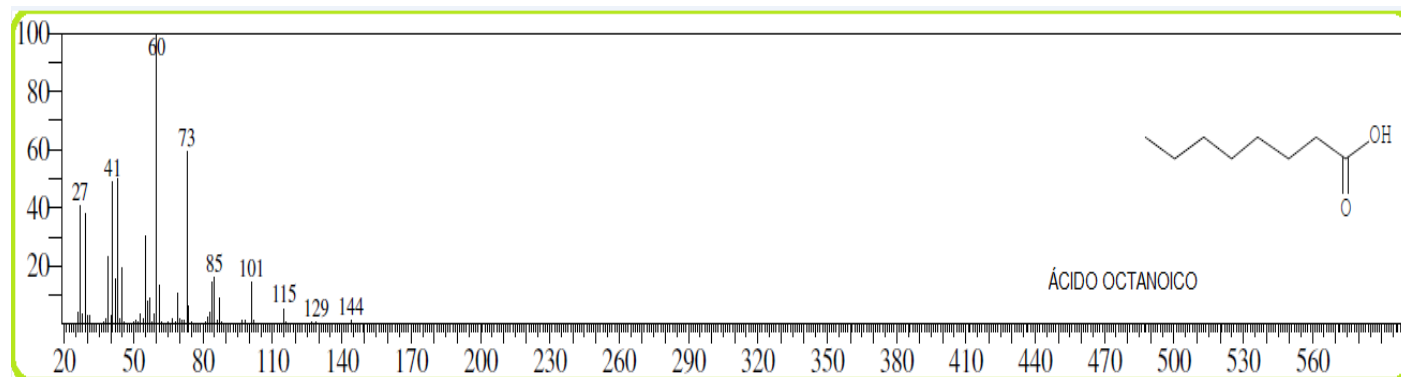
ANEXO 5. Espectros de los ácidos glicosídicos de los extractos metanólico y hexánico:

Figura 1. Espectro del ácido octanóico (extracto hexánico y metanólico)

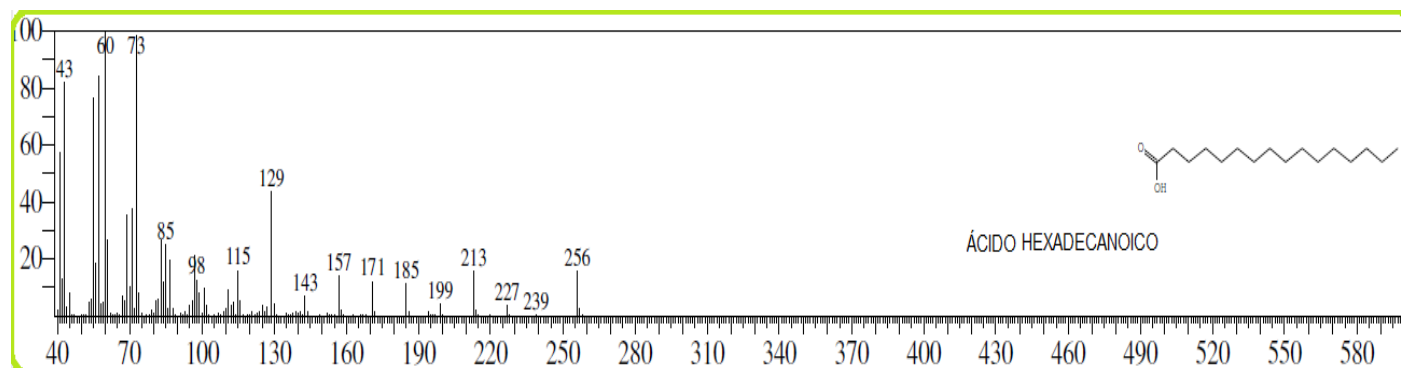


Figura 2. Espectro del ácido hexadecanóico (Extracto hexánico y metanólico).

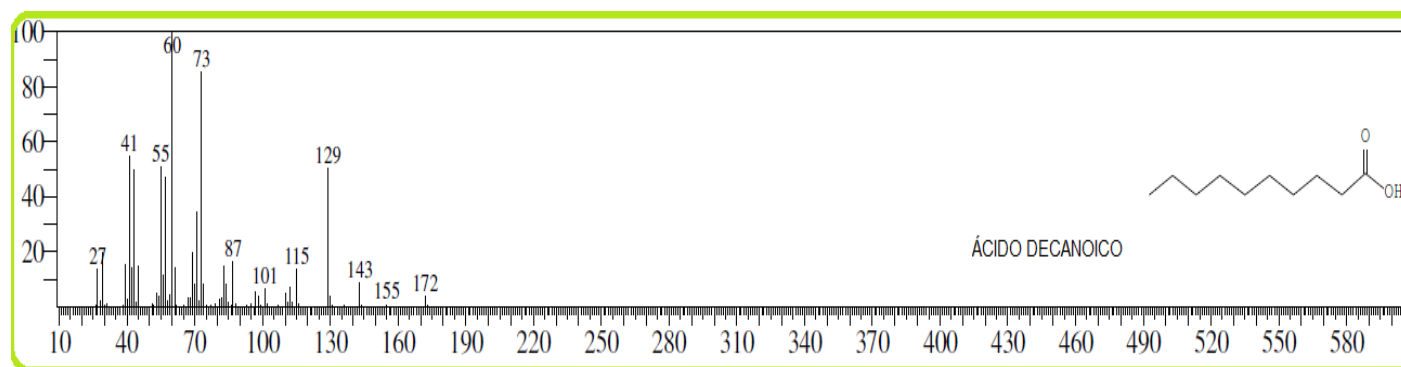


Figura 3. Espectro del ácido decanóico (Extracto hexánico y metanólico).

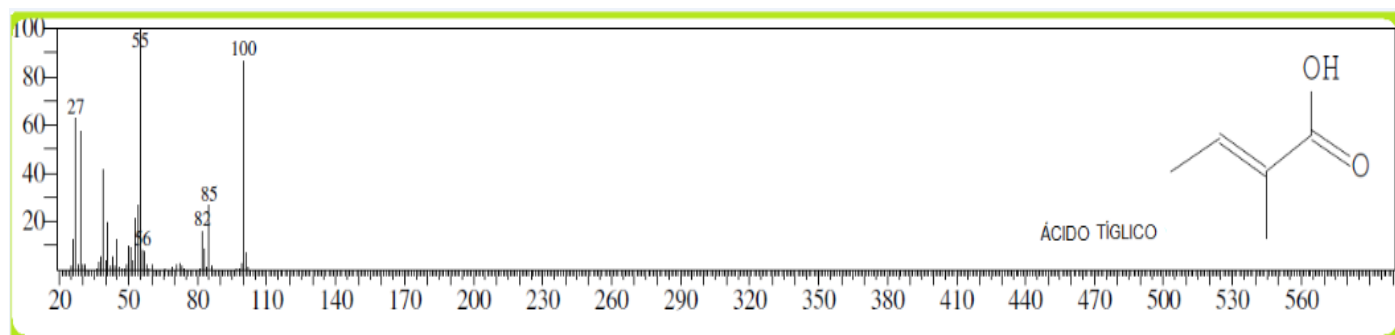


Figura 4. Espectro del ácido tíglico (Extracto metanólico).

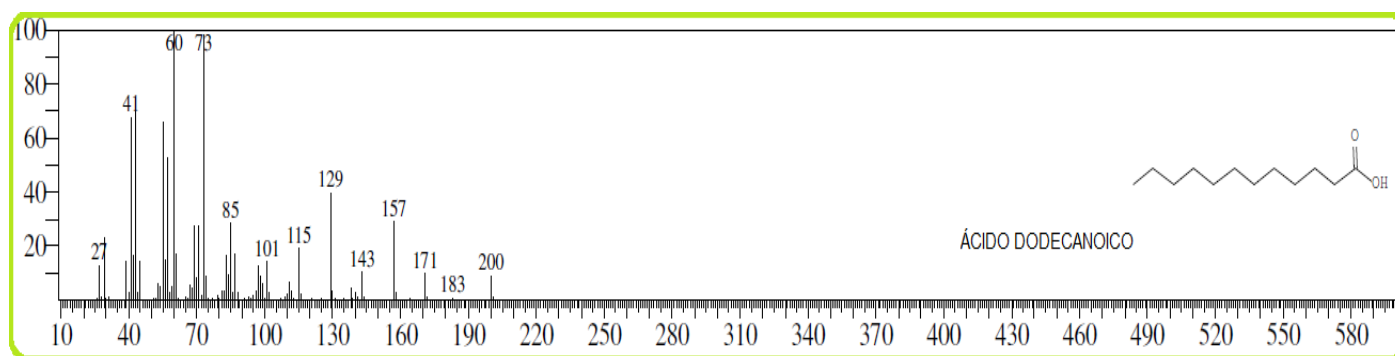


Figura 5. Espectro del ácido dodecanoico (Extracto metanólico).