



**Caracterización de composición química del extracto etanólico de *Cinnamomum verum*
(J.Presl) y efecto alelopático en semillas de crecimiento rápido**

Roca Rojas, María Emilia

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Biotecnología

Trabajo de Integración Curricular, previo a la obtención del título de Ingeniera Biotecnóloga

Naranjo Puente, Blanca Fabiola Ms.C.

25 de agosto del 2023



ROCA TESIS PLAGIO.pdf

Scan details

Scan time:
August 29th, 2023 at 3:8 UTC

Total Pages:
47

Total Words:
11644

Plagiarism Detection



Types of plagiarism		Words
Identical	3.2%	372
Minor Changes	1.2%	134
Paraphrased	2.3%	267
Omitted Words	0%	0

AI Content Detection



Text coverage
 AI text
 Human text

Plagiarism Results: (49)

<p>Tesis_Kary.pdf?sequence=1&isAllowed=y</p> <p>Kary Mendoza UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS "EFECTO DEL TIPO DE SOLVENTE SOBRE LA CONCENTRACIÓN D..."</p>	0.5%
<p>Cromatografia - Prácticas o problemas - vanesa1510</p> <p>...</p>	0.5%
<p>Determinación de efecto antioxidante en la parte a...</p> <p>Daniel Universidad de Concepción Campus Los Ángeles Escuela de Ciencias y Tecnologías Departamento de Ciencias y Tecnología Vegetal Determinaci...</p>	0.5%

Certified by

About this report
help.copyleaks.com

copyleaks.com



Empleado electrónicamente por:
 BLANCA FABIOLA
 NARANJO PUENTE

Naranjo Puente, Blanca Fabiola M.Sc.

C. C: 0602201410



Departamento de Ciencias de la Vida y de la
Agricultura

Carrera de Biotecnología

Certificación

Certifico que el trabajo de integración curricular: “**Caracterización de composición química del extracto etanólico de *Cinnamomum verum* (J.Presl) y efecto alelopático en semillas de crecimiento rápido**” fue realizado por la señorita **Roca Rojas María Emilia**, el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 25 de agosto de 2023



.....
Firmado electrónicamente por:
BLANCA FABIOLA
NARANJO PUENTE

Naranjo Puente, Blanca Fabiola M.Sc.

C. C: 0602201410



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Biotecnología

Responsabilidad de Autoría

Yo, **Roca Rojas María Emilia**, con cédula de ciudadanía n° 0201932746, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: "**Caracterización de composición química del extracto etanólico de *Cinnamomum verum* (J.Presl) y efecto alelopático en semillas de crecimiento rápido**" es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 25 de agosto de 2023

.....
Roca Rojas María Emilia

C. C: 0201932746



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Biotecnología

Autorización de Publicación

Yo, **Roca Rojas María Emilia**, con cédula de ciudadanía n° 0201932746, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **"Caracterización de composición química del extracto etanólico de *Cinnamomum verum* (J.Presl) y efecto alelopático en semillas de crecimiento rápido"** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 25 de agosto de 2023

Roca Rojas María Emilia

C. C: 0201932746

Dedicatoria

Quiero dedicar este trabajo de titulación a mis padres Galo y Fernanda, que gracias a su esfuerzo incansable y confianza infinita en mí, esto fue posible.

A mis hermanos Roberto y Juan Pablo, por su apoyo inagotable y su amistad incondicional en todo momento, gracias por jamás dejarme.

A mi hermana Antonella, que nunca dejó de apoyarme, escucharme y alentarme a continuar, aun cuando quería renunciar

A mis sobrinos Roberto, Pablo y Franco, que con su simple existencia le dieron un giro a mi vida y son mi principal motivación.

Los amo con todo mi corazón

María Emilia Roca Rojas

Agradecimientos

Quiero agradecer en primer lugar a papito Dios por concederme el don de la vida y la sabiduría para poder completar con esta etapa de mi vida.

Gracias infinitas a mis padres Galo y Fernanda, que con sus bendiciones, esfuerzo, amor, confianza, generosidad este capítulo se completó con éxitos. Les amo con mi alma. Su fe y bendiciones infinitas en mí, me hizo fuerte en todo momento.

Quiero también extender mi gratitud hacia mis hermanos, Roberto y Juan Pablo, que con su paciencia, amor, ternura, acogida, consejos, mi vida universitaria fue lo más bello.

A mi cuñada Verónica, gracias por tus palabras, tu amistad, la acogida en tu hogar, la generosidad, el amor, los momentos divertidos. Te amo mucho Verito, eres la mejor.

A mi cuñada Dayana, quiero agradecerte tu amor, tu ternura, tu amistad, tu gentileza, tu tiempo para escucharme, acogirme, hacerme reír y recordarme lo valiosa que soy. Te amo mucho.

También quiero agradecer a mi hermana de corazón, Valeria, sin tus ánimos, palabras de aliento, abrazos, consejos, compañía, esto no hubiera sido posible. Te amo mucho mojito.

Hermana de Universidad, Karen, gracias por tu apoyo, tu paciencia, tu amor, tu generosidad, tu esfuerzo y sobre todo tu amistad. La ESPE me regaló a una gran mejor amiga y una colega. Te amo demasiado amiga.

Gracias también a mis tíos/as, Kike, Marty, Elvi, Margarita, Emer, Miry, Gerardo, Alfredo, Paty, Candy y sus familias, por su amor, bendiciones, palabras, generosidad y sobre todo brindarme un lugar en sus hogares cuando mi casa estaba lejos. Los llevo en mi corazón.

Mi gratitud también a mi directora de proyecto, Blanca Naranjo Ms.C., por brindarme la oportunidad de realizar esta tesis, por su tiempo, paciencia, apoyo, consejo y dedicación para guiarme a través de este proceso.

A la Dra. María Emilia Medina y el Laboratorio de Microbiología de Suelos por cedernos todas las herramientas necesarias para llevar a cabo los experimentos de mi tesis con éxito.

Por último, todos aquellos que han contribuido de alguna manera para que esta tesis sea posible

María Emilia Roca Rojas

Índice de Contenido

Resultados de la herramienta para análisis de similitud de contenidos	2
Certificación	2
Responsabilidad de Autoría	4
Autorización de publicación	¡Error! Marcador no definido.
Dedicatoria	6
Agradecimientos	7
Glosario de Abreviatura	19
Resumen	20
Abstract	21
Capítulo I: Introducción	22
Formulación del problema	22
Justificación o importancia del problema por resolver	24
Objetivos.....	26
Objetivo General del Proyecto	26
Objetivos Específicos	26
Hipótesis	27
Capítulo II: Marco Referencial	28
Germinación	28
Metabolismo secundario	28
Terpenos.....	30
Fenoles	34
Alcaloides	36
Rol de los Principios Activos: Alelopatía	37
Importancia de los cultivos alimenticios de <i>Lactuca sativa</i> (Linneo) y <i>Raphanus sativus</i> (Linneo)	40
Importancia de los cultivos ornamentales de <i>Cynodon dactylon</i> (Persoon).....	41
Canela - <i>Cinnamomum verum</i> (J.Presl).....	43
Historia de <i>Cinnamomum verum</i> (J.Presl).....	43
Agronomía de <i>Cinnamomum verum</i> (J.Presl)	46
Composición química de <i>Cinnamomum verum</i> (J.Presl)	47
Métodos de Extracción de Principios Activos: Método de Soxhlet	50

Reacciones químicas para la detección de principios activos	51
Reacción de Baeyer	51
Reacción de Tollens	52
Reacción de Brady	53
Reacción de Lucas	54
Cromatografía en capa fina	56
Definición	56
Fase estacionaria	57
Fase móvil	57
Adsorción.....	57
Elución	57
Adsorbentes y eluyentes	57
Factor de Retardo (R_f).....	58
Procedimiento.....	60
Revelado de placas	61
Cuantificación de fenoles por el método de Folin – Ciocalteu	61
Definición	61
Reactivo de Folin – Ciocalteu.....	61
Fundamento.....	63
Capítulo III: Metodología	64
Obtención de la muestra de <i>Cinnamomum verum</i> (J.Presl)	64
Adquisición de Material Vegetal.....	64
Tratamiento de la muestra de <i>Cinnamomum verum</i> (J.Presl)	64
Obtención del extracto etanólico de <i>Cinnamomum verum</i> (J.Presl).....	64
Preparación de la solución madre del extracto de <i>Cinnamomum verum</i> (J.Presl)	67
Identificación de la composición del extracto de <i>Cinnamomum verum</i> (J.Presl) mediante reacciones de coloración	67
Caracterización de la composición química del extracto de <i>Cinnamomum verum</i> (J.Presl) por cromatografía en capa fina	67
Cuantificación de fenoles por el método de Folin-Ciocalteu	68
Preparación de reactivos.....	68
Elaboración de la curva de calibración	69
Determinación del contenido de fenoles totales en el extracto de <i>Cinnamomum verum</i> (J.Presl)	71

Evaluación del efecto alelopático en semillas de <i>Lactuca sativa</i> (Linneo), <i>Raphanus sativus</i> (Linneo) y <i>Cynodon dactylon</i> (Persoon)	72
Preparación de las semillas	72
Preparación de las diluciones a partir de la solución madre del extracto de <i>Cinnamomum verum</i> (J.Presl)	73
Evaluación de la germinación de las semillas y determinación de la longitud y grosor de raíz, tallo y hojas.....	74
Diseño Experimental	75
Capítulo IV: Resultados	76
Obtención del extracto de <i>Cinnamomum verum</i> (J.Presl) con Soxhlet.....	76
Rendimiento de la extracción de <i>Cinnamomum verum</i> (J.Presl) con Soxhlet.....	76
Identificación de la composición del extracto de <i>Cinnamomum verum</i> (J.Presl) mediante reacciones de coloración	76
Caracterización de la composición química del extracto de <i>Cinnamomum verum</i> (J.Presl) por cromatografía en capa fina	78
Efecto alelopático del extracto de <i>Cinnamomum verum</i> (J.Presl) en el número de raíces secundarias, longitud y grosor de las raíces, tallos, y número de hojas de <i>Lactuca sativa</i> (Linneo), <i>Raphanus sativus</i> (Linneo) y <i>Cynodon dactylon</i> (Persoon)	81
Descripción del método para el análisis estadístico del efecto alelopático del extracto de <i>Cinnamomum verum</i> (J.Presl) sobre el número de raíces secundarias, longitud y grosor de las raíces, tallos, y número de hojas de <i>Lactuca sativa</i> (Linneo), <i>Raphanus sativus</i> (Linneo) y <i>Cynodon dactylon</i> (Persoon)	85
Análisis estadístico del efecto alelopático del extracto de <i>Cinnamomum verum</i> (J.Presl) sobre las plántulas de <i>Lactuca sativa</i> (Linneo)	86
Número de raíces secundarias	86
Longitud de las raíces	87
Grosor de las raíces	89
Longitud de los tallos.....	90
Grosor de los tallos.....	92
Número de hojas	93
Análisis estadístico del efecto alelopático del extracto de <i>Cinnamomum verum</i> (J.Presl) sobre las plántulas de <i>Raphanus sativus</i> (Linneo).....	95
Número de raíces secundarias	95
Longitud de las raíces	96
Grosor de las raíces	98
Longitud de los tallos.....	99

Grosor de los tallos.....	101
Número de hojas	102
Análisis estadístico del efecto alelopático del extracto de <i>Cinnamomum verum</i> (J.Presl) sobre las plántulas de <i>Cynodon dactylon</i> (Persoon).....	104
Número de raíces secundarias	104
Longitud de las raíces	105
Grosor de las raíces	107
Longitud de los tallos.....	108
Grosor de los tallos.....	110
Número de hojas	112
Capítulo V: Discusión	114
Obtención y rendimiento del extracto de <i>Cinnamomum verum</i> (J.Presl) con Soxhlet.....	114
Identificación de la composición del extracto de <i>Cinnamomum verum</i> (J.Presl) mediante reacciones de coloración	114
Caracterización de la composición química del extracto de <i>Cinnamomum verum</i> (J.Presl) por cromatografía en capa fina	115
Cuantificación del contenido de fenoles del extracto de <i>Cinnamomum verum</i> (J.Presl) por el método de Folin – Ciocalteu	116
Efecto alelopático del extracto de <i>Cinnamomum verum</i> (J.Presl) sobre el número de raíces secundarias, longitud y grosor de las raíces, tallos, y número de hojas de <i>Lactuca sativa</i> (Linneo), <i>Raphanus sativus</i> (Linneo) y <i>Cynodon dactylon</i> (Persoon)	116
Capítulo VI: Conclusiones y Recomendaciones	121
Conclusiones.....	121
Recomendaciones	122
Capítulo VII: Referencias	123

Índice de Tablas

Tabla 1 Clasificación de los terpenos	30
Tabla 2 Taxonomía de <i>Cinnamomum verum</i> (J. Presl).....	46
Tabla 3 Concentración de las diluciones obtenidas a partir de la solución patrón con Ácido Gálico.....	69
Tabla 4 Concentración de las diluciones preparadas a partir de la solución madre del extracto de <i>Cinnamomum verum</i> (J. Presl)	73
Tabla 5 Rendimiento de la extracción de <i>Cinnamomum verum</i> (J. Presl) por Soxhlet.....	76
Tabla 6 Resultados de la identificación de compuestos del extracto de <i>Cinnamomum verum</i> (J. Presl) por reacciones de coloración	77
Tabla 7 Factores de retardo experimentales y teóricos de la cromatografía en capa fina del extracto de <i>Cinnamomum verum</i> (J.Presl)	78
Tabla 8 Resultados de la germinación de <i>Lactuca sativa</i> (Linneo), con varias diluciones del extracto de <i>Cinnamomum verum</i> (J.Presl)	81
Tabla 9 Resultados de la germinación de <i>Raphanus sativus</i> (Linneo), con varias diluciones del extracto de <i>Cinnamomum verum</i> (J.Presl.).....	82
Tabla 10 Resultados de la germinación de <i>Cynodon dactylon</i> (Persoon), con varias diluciones del extracto de <i>Cinnamomum verum</i> (J.Presl.).....	82
Tabla 11 Número de raíces secundarias de plántulas de <i>Lactuca sativa</i> (Linneo) en cada tratamiento	86
Tabla 12 Longitud de las raíces de plántulas de <i>Lactuca sativa</i> (Linneo) en cada tratamiento.	88
Tabla 13 Grosor de raíces de plántulas de <i>Lactuca sativa</i> (Linneo) en cada tratamiento	89
Tabla 14 Longitud de tallos de plántulas de <i>Lactuca sativa</i> (Linneo) en cada tratamiento.....	90
Tabla 15 Grosor de los tallos de plántulas de <i>Lactuca sativa</i> (Linneo) en cada tratamiento.....	92
Tabla 16 Número de hojas de plántulas de <i>Lactuca sativa</i> (Linneo) en cada tratamiento.....	94
Tabla 17 Número de raíces secundarias de plántulas de <i>Raphanus sativus</i> (Linneo) en cada tratamiento	95
Tabla 18 Longitud de las raíces de plántulas de <i>Raphanus sativus</i> (Linneo) en cada tratamiento.....	96
Tabla 19 Grosor de las raíces de plántulas de <i>Raphanus sativus</i> (Linneo) en cada tratamiento.....	98

Tabla 20 Longitud de los tallos de plántulas de <i>Raphanus sativus</i> (Linneo) en cada tratamiento.	100
Tabla 21 Grosor de los tallos de plántulas de <i>Raphanus sativus</i> (Linneo) en cada tratamiento.	101
Tabla 22 Número de hojas de plántulas de <i>Raphanus sativus</i> (Linneo) en cada tratamiento..	103
Tabla 23 Número de raíces secundarias de plántulas de <i>Cynodon dactylon</i> (Persoon) en cada tratamiento	104
Tabla 24 Longitud de las raíces de plántulas de <i>Cynodon dactylon</i> (Persoon) en cada tratamiento.....	106
Tabla 25 Grosor de las raíces de plántulas de <i>Cynodon dactylon</i> (Persoon) en cada tratamiento	107
Tabla 26 Longitud de los tallos de plántulas de <i>Cynodon dactylon</i> (Persoon) en cada tratamiento.....	109
Tabla 27 Grosor de los tallos de plántulas de <i>Cynodon dactylon</i> (Persoon) en cada tratamiento	110
Tabla 28 Número de hojas de plántulas de <i>Cynodon dactylon</i> (Persoon) en cada tratamiento.	112
Tabla 29 Concentraciones de extractos de <i>C. verum</i> , <i>C. camphora</i> , <i>C. cassia</i> , y <i>C. burmanni</i> , necesarias para la inhibición en el crecimiento de <i>Cynodon dactylon</i> (Persoon).....	118

Índice de Figuras

Figura 1 Diagrama de flujo de las fases de la germinación	29
Figura 2 Ruta biosintética de los terpenos	33
Figura 3 Ruta biosintética de los compuestos fenólicos	35
Figura 4 Clasificación general de los fenoles vegetales	38
Figura 5 Funciones biológicas de los compuestos fenólicos	39
Figura 6 Semillas, hojas y flores de <i>Cinnamomum verum</i> (J.Presl).	47
Figura 7 Corteza de <i>Cinnamomum verum</i> (J.Presl) en polvo x240	48
Figura 8 Estructura de algunos componentes presentes en <i>Cinnamomum verum</i> (J.Presl) a) Cinamaldehído, b) eugenol, c) catequina y d) procianidina	49
Figura 9 Ilustración esquemática del flujo de trabajo de SOX	50
Figura 10 Reacción de Baeyer	51
Figura 11 Reacción de la prueba de Tollens	52
Figura 12 Reacción de Brady	54
Figura 13 Reacción de Lucas	55
Figura 14 Separación de componentes de una mezcla por cromatografía en capa fina	56
Figura 15 Mecanismo de interacción de la alúmina anhidra y del gel de sílice con compuestos orgánicos	58
Figura 16 Esquema de medición del factor de retardo	59
Figura 17 Reacción entre los compuestos fenólicos y los derivados de los ácidos fosfotúngstico y fosfomolibdico en medio alcalino, a) resultado en la formación de un color azul por el método dw Folin-Ciocalteu, b) Variación de color observada en el ensayo	62
Figura 18 a) La estructura α -Keggin del derivado aniónico $[\text{PM}_{12}\text{O}_{40}]^{3-}$, donde M representa molibdeno (Mo) o tungsteno (W),), b) la estructura de rueda grande del complejo azul $[\text{Mo}_{126}^{6+}$ $\text{Mo}_{28}^{5+}\text{O}_{462}\text{H}_{14}(\text{H}_2\text{O})]_{70}^{14-}$	63
Figura 19 Extracción Soxhlet después de 24 h de maceración	65
Figura 20 Extracto obtenido de <i>Cinnamomum verum</i> (J.Presl) diluido en solvente.	66
Figura 21 Concentración del extracto diluido de <i>Cinnamomum verum</i> (J.Presl) en el Rotavapor.	67
Figura 22 Diluciones para la cuantificación de fenoles por el método de Folin – Ciocalteu a) Control, b) Dilución de 10 mg/L, c) Dilución de 30 mg/L, d) Dilución de 50 mg/L, e) Dilución de 70 mg/L, f) Dilución de 90 mg/L	71

Figura 23 Diluciones para la cuantificación de fenoles en el extracto de <i>Cinnamomum verum</i> (J.Presl) por método de Folin – Ciocalteu	72
Figura 24 Diluciones preparadas a partir del extracto de <i>Cinnamomum verum</i> (J.Presl).....	74
Figura 25 Cromatografía en placa de sílica gel del extracto de <i>Cinnamomum verum</i> (J.Presl)	79
Figura 26 Curva de calibración y absorbancia del extracto de <i>Cinnamomum verum</i> (J.Presl)..	80
Figura 27 Efecto alelopático de las diluciones del extracto de <i>Cinnamomum verum</i> (J.Presl.) en semillas de <i>Lactuca sativa</i> (Linneo) hasta 17 días de crecimiento. a) Control, b) Dilución de 27,79 mg/L, c) Dilución de 55,58 mg/L, d) Dilución de 83,38 mg/L, e) Dilución de 111,17 mg/L	83
Figura 28 Efecto alelopático de las diluciones del extracto de <i>Cinnamomum verum</i> (J.Presl.) en semillas de <i>Raphanus sativus</i> (Linneo) hasta 17 días de crecimiento. a) Control, b) Dilución de 27,79 mg/L, c) Dilución de 55,58 mg/L, d) Dilución de 83,38 mg/L, e) Dilución de 111,17 mg/L	84
Figura 29 Efecto alelopático de las distintas diluciones del extracto de <i>Cinnamomum verum</i> (J.Presl.) en semillas de <i>Cynodon dactylon</i> (Persoon) hasta 17 días de crecimiento. a) Control, b) Dilución de 27,79 mg/L, c) Dilución de 55,58 mg/L, d) Dilución de 83,38 mg/L, e) Dilución de 111,17 mg/L.....	85
Figura 30 Gráfico comparativo entre tratamientos respecto al número de raíces secundarias de plántulas de <i>Lactuca sativa</i> (Linneo).....	87
Figura 31 Gráfico comparativo entre tratamientos respecto a la longitud de las raíces de plántulas de <i>Lactuca sativa</i> (Linneo).....	88
Figura 32 Gráfico comparativo entre tratamientos respecto al grosor de raíces de plántulas de <i>Lactuca sativa</i> (Linneo)	89
Figura 33 Gráfico comparativo entre tratamientos respecto a la longitud de los tallos de plántulas de <i>Lactuca sativa</i> (Linneo).....	91
Figura 34 Gráfico comparativo entre tratamientos respecto al grosor de los tallos de plántulas de <i>Lactuca sativa</i> (Linneo).....	93
Figura 35 Gráfico comparativo entre tratamientos respecto al número de hojas de plántulas de <i>Lactuca sativa</i> (Linneo)	94
Figura 36 Gráfico comparativo entre tratamientos respecto al número de raíces secundarias de plántulas de <i>Raphanus sativus</i> (Linneo).....	96
Figura 37 Gráfico comparativo entre tratamientos respecto a la longitud de las raíces de plántulas de <i>Raphanus sativus</i> (Linneo).....	97
Figura 38 Gráfico comparativo entre tratamientos respecto al grosor de las raíces de plántulas de <i>Raphanus sativus</i> (Linneo).....	99

Figura 39 Gráfico comparativo entre tratamientos respecto a la longitud de los tallos de plántulas de <i>Raphanus sativus</i> (Linneo).....	100
Figura 40 Gráfico comparativo entre tratamientos respecto al grosor de los tallos de plántulas de <i>Raphanus sativus</i> (Linneo).....	102
Figura 41 Gráfico comparativo entre tratamientos respecto al número de hojas de plántulas de <i>Raphanus sativus</i> (Linneo).....	103
Figura 42 Gráfico comparativo entre tratamientos respecto al número de raíces secundarias de plántulas de <i>Cynodon dactylon</i> (Persoon).....	105
Figura 43 Gráfico comparativo entre tratamientos respecto a la longitud de las raíces de plántulas de <i>Cynodon dactylon</i> (Persoon).....	106
Figura 44 Gráfico comparativo entre tratamientos respecto al grosor de raíz de plántulas de <i>Cynodon dactylon</i> (Persoon).....	108
Figura 45 Gráfico comparativo entre tratamientos respecto a la longitud de los tallos de plántulas de <i>Cynodon dactylon</i> (Persoon).....	109
Figura 46 Gráfico comparativo entre tratamientos respecto al grosor de los tallos de plántulas de <i>Cynodon dactylon</i> (Persoon).....	111
Figura 47 Gráfico comparativo entre tratamientos respecto al número de hojas en plántulas de <i>Cynodon dactylon</i> (Persoon).....	113

Índice de Fórmulas

Fórmula 1 Ecuación para la determinación del factor de retardo.....	59
Fórmula 2 Ecuación para la determinación del peso del extracto concentrado de <i>Cinnamomum verum</i> (J.Presl)	66
Fórmula 3 Ecuación para la determinación del porcentaje de rendimiento de la extracción Soxhlet de <i>Cinnamomum verum</i> (J.Presl)	66
Fórmula 4 Ecuación para el cálculo de la concentración de las diluciones de extracto de <i>Cinnamomum verum</i> (J.Presl).....	73
Fórmula 5 Ecuación para la conversión de la absorbancia del extracto de <i>Cinnamomum verum</i> (J.Presl) en función de la concentración de Ácido Gálico (mg/L).....	80

Glosario de Abreviatura

MEP: Ruta del metileritritol fosfato	°C: Grados Celsius
MEV: Ruta del ácido mevalónico	2,4-DNFH: 2,4-dinitrofenilhidrazina
DMAPP: Dimetilalil difosfato	UV: Ultravioleta
IPP: Isopentil difosfato	g: Gramos
GPP: Geranil difosfato	mL: Mililitros
FPP: Farnesil difosfato	rpm: Revoluciones por minuto
GGPP: Geranil geranil difosfato	h: Hora
C₅: Hemiterpenos	DMSO: Dimetil sulfóxido
C₁₀: Monoterpenos	L: Litros
C₁₅: Sesquiterpenos	min: Minutos
C₂₀: Diterpenos	µL: Microlitros
C₃₀: Triterpenos	mg: Miligramos
C₄₀: Tetraterpenos	N: Normalidad
D_n: Dilución (n es el número de dilución)	±: Más/menos (Desviación estándar)
SOX: Extracción Soxhlet	g-MS: Gramos de muestra seca
CCF: Cromatografía en capa fina	mg-MS: Miligramos de muestra seca
R_f: Factor de retardo	mg-EAG: Miligramos equivalentes de ácido gálico
MS: Metabolitos secundarios	

Resumen

Actualmente, el conseguir alimento al granel y reducir el uso de agroquímicos dañinos, se ha convertido en una inquietud mundial. La aplicación de extractos de plantas con propiedades medicinales, como la canela, *Cinnamomum verum* (J.Presl), se utilizan ampliamente en diferentes industrias. En este trabajo, se comprobó los efectos de su actividad en la germinación de semillas de interés alimentario y ornamental. Para el caso, se hizo la extracción de metabolitos secundarios de *Cinnamomum verum* (J.Presl), por el método de Soxhlet, obteniéndose un 15,60% de extracto concentrado. Se determinó la composición del producto mediante la detección de grupos funcionales presentes en los MS, cromatografía en capa fina y análisis espectrofotométrico con el método de Folin - Ciocalteu. Se comprobó la presencia del cinamaldehído, ácido cinámico y el cinamato de cinamilo. También estaban presentes otros MS; α -terpineno, linalol y éster de linalol. La composición influyó en las pruebas de efecto alelopático sobre semillas de *Lactuca sativa* (Linneo), *Raphanus sativus* (Linneo) y *Cynodon dactylon* (Persoon). En este ensayo, se analizaron las siguientes variables: número de raíces secundarias, longitud y grosor de raíces y tallos; y número de hojas a los 17 días de crecimiento. Los resultados con *Lactuca sativa* (Linneo) mostraron que es mejor usar las diluciones de 27,79 y 55,58 mg/mL. Para el caso de *Raphanus sativus* (Linneo), las concentraciones con los resultados más óptimos fueron de 27,79; 55,58 y 83,38 mg/mL. Finalmente, con *Cynodon dactylon* (Persoon) hay un doble enfoque respecto a los resultados. Para un efecto alelopático positivo, los mejores ensayos fueron los de 27,79 y 55,58 mg/mL. Ahora, en un efecto alelopático negativo, los resultados más eficientes se observaron en 83,38 y 111,17 mg/mL. Se evidenció mejoría en su aspecto, por lo que su uso no afecta al desarrollo de las plantas y puede inhibir el crecimiento de malezas y plagas.

Palabras clave: Alelopatía, canela, *Lactuca sativa* (Linneo), *Raphanus sativus* (Linneo), *Cynodon dactylon* (Persoon).

Abstract

Currently, getting bulk food and reducing the use of harmful agrochemicals has become a worldwide concern. The application of plant extracts with medicinal properties, such as cinnamon, *Cinnamomum verum* (J.Presl), are widely used in different industries. In this work, the effects of its activity on the germination of seeds of food and ornamental interest were verified. For the case, secondary metabolites of *Cinnamomum verum* (J.Presl) were extracted by the Soxhlet method, obtaining 15,60% of concentrated extract. The composition of the product was determined by the detection of functional groups present in MS, thin layer chromatography and spectrophotometric analysis with the Folin - Ciocalteu method. Cinnamaldehyde, cinnamic acid and cinnamate were found. Other MS; α -terpinene, linalool and linalool ester were also present. The composition influenced the tests of allelopathic effect on seeds of *Lactuca sativa* (Linneo), *Raphanus sativus* (Linneo) and *Cynodon dactylon* (Persoon). In this trial, the following variables were analyzed: number of secondary roots, length and thickness of roots and stems; and number of leaves at 17 days of growth. The results with *Lactuca sativa* (Linneo) showed that it is better to use dilutions of 27,79 and 55,58 mg/mL. For *Raphanus sativus* (Linneo), the concentrations with the most optimal results were 27,79; 55,58 and 83,38 mg/mL. Finally, with *Cynodon dactylon* (Persoon) there is a dual approach to results. For a positive allelopathic effect, the best trials were 27,79 and 55,58 mg/mL. Now, in a negative allelopathic effect, the most efficient results were observed in 83,38 and 111,17 mg/mL. It showed improvement in appearance, so its use does not affect the development of plants and can inhibit the growth of weeds and pests.

Keywords: Alelopathy, cinnamon, Lactuca sativa (Linneo), *Raphanus sativus* (Linneo), *Cynodon dactylon* (Persoon).

Capítulo I: Introducción

Formulación del problema

La agricultura es un conjunto de técnicas y saberes necesarios practicados por el hombre desde la antigüedad, para cultivar la tierra, transformando el medio ambiente; (Solbrig & Solbrig, 1996). Las actividades relacionadas con esta práctica, se fundamentan en la explotación de recursos disponibles en un sitio particular destinado al cultivo de alimentos vegetales, pastos, forrajes, fibras para la alimentación de los humanos y diferentes animales (Leguizamón, La Agricultura y las Malezas: Pasado, presente y perspectivas, 2014). Estos cultivos necesitan algunos elementos para lograr su desarrollo óptimo y productividad, como: agua, nutrientes, condiciones ambientales factibles, etc.

Sin embargo, el crecimiento espontáneo de especies vegetales ajenas a un cultivo específico, puede ocasionar pérdidas económicas, debido a que causan un efecto negativo sobre dicho cultivo, creando competencia por recursos limitados y generando alelopatía en el sitio de desarrollo. La mayoría de estas especies vegetales de dichas comunidades agrícolas, son lo que se conoce como malezas (Leguizamón, Las Malezas y el Agroecosistema, 2015). El término maleza involucre a unas 250 especies vegetales que no constituyen una clase botánica en particular. Tradicional, y principalmente debido a su impacto sobre el rendimiento, las malezas se han considerado organismos indeseables. (Leguizamón, Las Malezas y el Agroecosistema, 2015).

A nivel global, las malezas pueden causar pérdidas en el rendimiento desde un 40% hasta un 87% aproximadamente, dependiendo de su mordacidad. Entre los cultivos más afectados están, el arroz, trigo, cebada, quinua, maíz y soya (Lanfranconi & Pisa, 2021). En nuestro país, las pérdidas de calidad por esta situación, alcanzan cifras que van desde un 25% hasta un 50% en productos de la zona tropical, como por ejemplo el arroz, el plátano, el cacao

y el maíz (Vanegas & Muñoz, 2017). En la región interandina, las pérdidas de rendimiento de cultivos de papa y hortalizas como la remolacha, las arvejas y las zanahorias, causadas por las malas hierbas, pueden ser de hasta el 94 % y 95 % respectivamente (Coelho, Bianco, & Carvalho, 2009; Bacheaga, Carvalho, Bianco, & Cecilio, 2013).

El territorio ecuatoriano tiene condiciones óptimas de clima y suelos que favorecen el desarrollo de malezas como coquito, *Cyperus rotundus* (Linneo); saboya, *Panicum maximum* (Jacq.); la caminadora, *Rottboellia exaltata* (Lour.), y otras que progresan de manera invasiva, dificultando el control y uso de los suelos (Palacios, 2016).

Ante esta problemática, el manejo de malezas se realiza combinando métodos culturales, mecánicos, químicos y biológicos. La efectividad de cada método depende de varios factores como: la variedad del cultivo, disponibilidad de maquinaria, factores climáticos, el tipo de malezas presentes en el campo y la resistencia de éstas a algunos tratamientos químicos (Paucar, 2013). Las malezas perennes, sobre todo, gramíneas y ciperáceas, son un problema en varios lugares del mundo, y Ecuador no es una excepción en el uso de herbicidas como principal herramienta de control. Los herbicidas postemergentes, paraquat y glifosato, son los de uso común. Paraquat defolia a todas las especies de malezas, pero el glifosato es más útil donde las gramíneas y ciperáceas son un problema (Vera, Palacios, Liuba, Suarez, & Mendoza, 2018). Sin embargo, el uso prolongado de estos productos, tiene como consecuencia el desarrollo de un comportamiento resistente de las malezas, haciendo que la eficacia de estos compuestos no sea la misma con el paso del tiempo (Vanegas & Muñoz, 2017).

La resistencia a herbicidas es la capacidad inherente y heredable de algunos biotipos, dentro de una determinada población, de sobrevivir y reproducirse después de haber sido expuestos a una determinada dosis de un herbicida que normalmente sería letal para los individuos de una población normal de la misma especie (De La Vega, 2018). Entonces, un

biotipo es un grupo de individuos con un conjunto de características génicas semejantes y poco diferentes del resto de los sujetos de la misma población. En este caso, este grupo de individuos presenta un cambio en su genoma que les permite sobrevivir al estrés causado por la continua aplicación del herbicida (De La Vega, 2018).

El mal y exagerado uso de los herbicidas a nivel mundial y también en nuestro país, ha tenido consecuencias en la salud humana, como intoxicaciones, irritaciones dermales y oculares, problemas respiratorios, reacciones alérgicas entre otros (Nivia, 2019).

Además, el contenido de sustancias sintéticas de estos, dañan las matrices ambientales como suelo; los herbicidas son considerados inmóviles, permaneciendo en las capas superiores del suelo, siendo poco propensos a la percolación y con bajo potencial de escorrentía, haciendo que los suelos pierdan sus propiedades fisicoquímicas. En el caso del agua, los herbicidas pueden entrar en sistemas acuáticos por aspersión accidental, derivas o por escorrentía superficial. En el aire, dosis subletales de herbicidas arrastradas por el viento, son capaces de dañar flores silvestres y pueden afectar a algunas especies a más de 20 metros del sitio asperjado (Nivia, 2019).

No obstante, los herbicidas también están presentes en algunos alimentos como fresas, moras azules, frambuesas, lechugas, zanahorias y cebada después de su aplicación; y también tienen efectos tóxicos en animales, como los artrópodos e insectos encargados de la aireación y formación de humus del suelo; y algunas especies más grandes como peces, aves y mamíferos pequeños que son de importancia alimenticia para el ser humano (Nivia, 2019).

Justificación o importancia del problema por resolver

La necesidad de conservación del ambiente, salud y economía, se ha convertido en la principal causa para que los procesos agrícolas se renueven, en base a investigaciones realizadas en torno a las estrechas relaciones entre los individuos de un mismo sitio, con el fin

de mantener un control sobre las plagas que pueden afectar a los cultivos de un agro ecosistema (Guizar, 2019). De estas interacciones, se destaca el efecto alelopático de ciertos metabolitos secundarios, producidos por algunas plantas y microorganismos que pueden interferir en el desarrollo normal de diferentes plagas y malezas, sin causar daño en el entorno (Moreno, 2021). Bajo esta premisa, se han desarrollado productos que mitigan el crecimiento de las malezas, conocidos como bioplaguicidas, que son eficaces en el control de plagas agrícolas, sin causar daños graves al ambiente o empeorar la contaminación de éste. La investigación y el desarrollo de su aplicación práctica en el campo se enfocan en mitigar la contaminación ambiental causada por residuos de plaguicidas químicos, aunque por su naturaleza biológica también promueven el desarrollo sustentable de la agricultura (Nava, García, Camacho, & Vázquez, 2012).

La búsqueda de nuevos bioplaguicidas estimula la modernización de la agricultura y sin duda, va a reemplazar gradualmente a una cantidad de los plaguicidas químicos. En la producción agrícola, en ambientes libres de contaminación, los bioplaguicidas son sustitutos ideales para sus homólogos químicos tradicionales (Nava, García, Camacho, & Vázquez, 2012).

El estudio de bioplaguicidas se enfoca en el aprovechamiento de los principios activos de plantas, microorganismos, animales, etc. Entre estos, los compuestos fenólicos, producto del metabolismo secundario, dan origen a una variedad de componentes considerados de importancia fisiológica y morfológica para las plantas debido a que cumplen un rol primordial promoviendo la protección de patógenos y depredadores junto con la contribución de color y características sensoriales (Balasundram et al., 2006).

En ese sentido, el estudio de los metabolitos secundarios de *Cinnamomun verum* (J.Presl), por parte de Campiglia y otros colaboradores (2007), han demostrado el efecto

inhibitorio (como una forma de control biológico), ejercido por el extracto etanólico de canela, *Cinnamomum verum* (J.Presl), en la germinación de semillas y crecimiento de plántulas de algunas malas hierbas como el bleado, *Amaranthus retroflexus* (Linneo); mostaza silvestre, *Sinapis alba* (Linneo) y raigrás, *Lolium multiflorum* (LAM., 1779). Además, Díaz (2015) afirma que existe efecto alelopático positivo en algunas especies vegetales de importancia alimenticia en Sudamérica como en el maíz, *Zea mays* (Linneo); fréjol, *Phaseolus vulgaris* (Linneo); rábano, *Raphanus sativus* (Linneo); arveja, *Pisum sativum* (Linneo) y tomate, *Solanum lycopersicum* (Linneo).

Por tal razón algunos investigadores, abordan la sustentabilidad a largo plazo en los sistemas de producción agrícola. El uso de biopesticidas derivados de materiales naturales como plantas, microorganismos y minerales, son altamente específicos contra las plagas determinadas y generalmente representan poco o ningún riesgo para el hombre o el medio ambiente (Nava, García, Camacho, & Vázquez, 2012). Además, existe evidencia que el uso de ciertos biopesticidas elaborados a base de algunas plantas, contribuyen en gran medida al desarrollo y calidad de los productos donde son aplicados (Pino, Sánchez, & Rojas, 2013).

Objetivos

Objetivo General del Proyecto

Caracterizar la composición química del extracto etanólico de *Cinnamomum verum* (J.Presl) y observar el efecto alelopático en semillas de crecimiento rápido.

Objetivos Específicos

1. Obtener el extracto etanólico de *Cinnamomum verum* (J.Presl) mediante extracción con Soxhlet.

2. Analizar la composición del extracto etanólico de *Cinnamomum verum* (J.Presl).
3. Determinar la actividad alelopática de *Cinnamomum verum* (J.Presl) en semillas de crecimiento rápido.

Hipótesis

La composición química del extracto etanólico de *Cinnamomum verum* (J.Presl) ejerce un efecto sobre la germinación y desarrollo de las semillas de *Lactuca sativa* (Linneo), *Raphanus sativus* (Linneo) y *Cynodon dactylon* (Persoon).

Capítulo II: Marco Referencial

Germinación

La germinación de las semillas es el proceso fisiológico que tiene como fin, la salida del embrión a partir de las capas que lo protegen, como el endospermo, perispermo y pericarpio. La absorción de agua por parte de la semilla, ayuda a activar los procesos metabólicos que conducirán a la expansión del embrión y penetración de la radícula a través de los tejidos circundantes (Bewley, Bradford, Henk, Hilhorst, & Nonogaki, 2013).

La respiración para suministrar energía metabólica para estos procesos se activa inmediatamente después de la hidratación. La transcripción de genes relacionados con la germinación y su traducción a proteínas, comienza dentro de las primeras horas posteriores a la hidratación. La expansión de los tejidos embrionarios está limitada por los tejidos que la encierran; un aumento en el crecimiento del embrión y/o una disminución en la fuerza de los tejidos de cobertura permiten que se complete la germinación (Fig. 1) (Bewley, Bradford, Henk, Hilhorst, & Nonogaki, 2013).

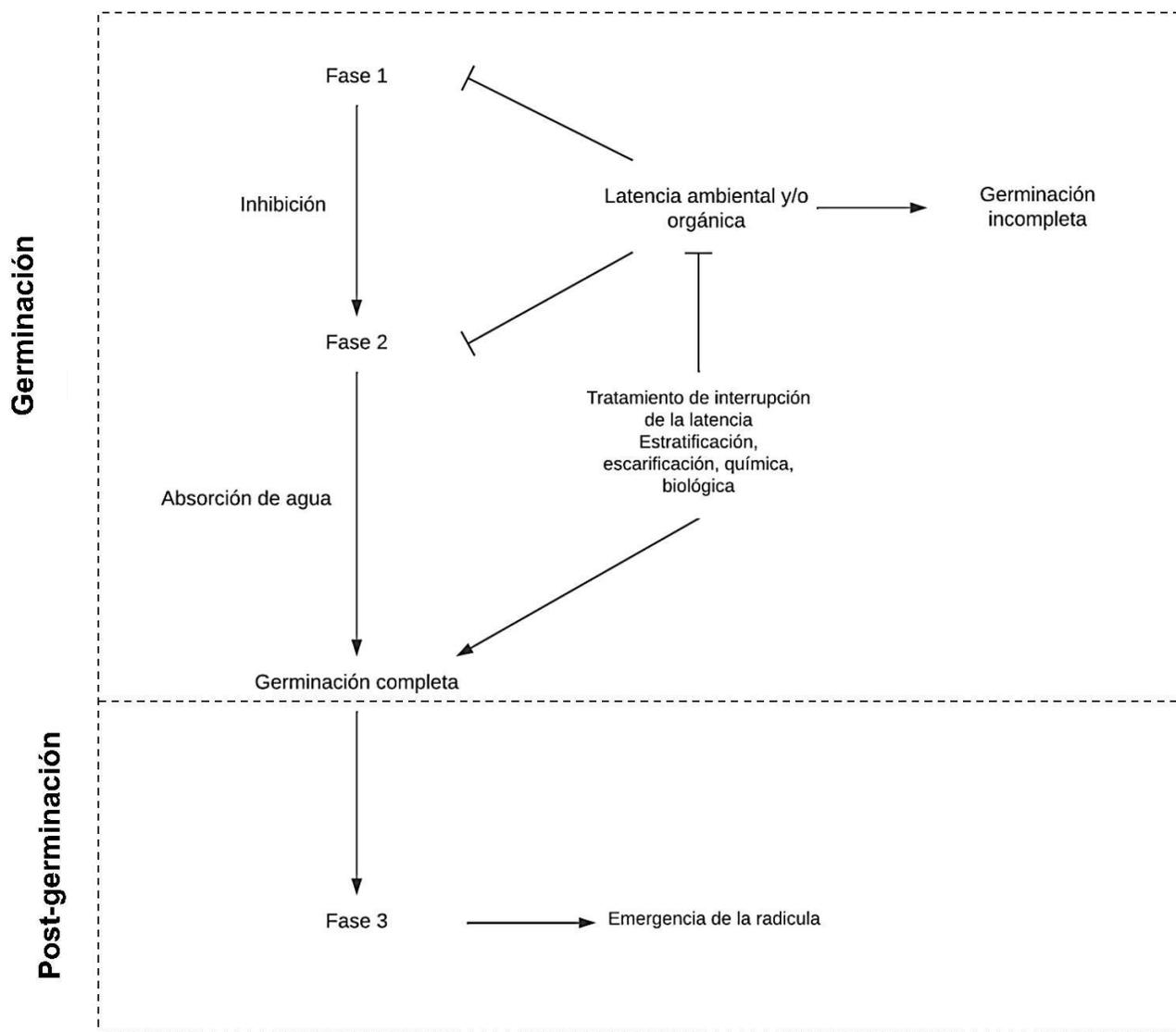
Metabolismo secundario

Las plantas producen una gran variedad de compuestos orgánicos, que parecen no tener una función directa en el crecimiento y el desarrollo. Estas sustancias se conocen como metabolitos secundarios, productos secundarios o productos naturales (Taiz & Zeiger, 2002).

Los metabolitos secundarios no tienen funciones directas generalmente reconocidas en los procesos de fotosíntesis, respiración, transporte de solutos, translocación, síntesis de proteínas, asimilación de nutrientes, diferenciación o formación de carbohidratos, proteínas y lípidos (Taiz & Zeiger, 2002).

Figura 1

Diagrama de flujo de las fases de la germinación



Nota: Tomado de Reinert et al. (2018).

Los metabolitos secundarios también se diferencian de los metabolitos primarios por tener una distribución restringida en el reino vegetal. Es decir, los metabolitos secundarios particulares, a menudo se encuentran en una sola especie de planta o grupo relacionado de especies, mientras que los metabolitos primarios se encuentran en todo el reino vegetal. Los

metabolitos secundarios de las plantas se pueden dividir en tres grupos químicamente distintos: terpenos, fenoles y alcaloides (Taiz & Zeiger, 2002).

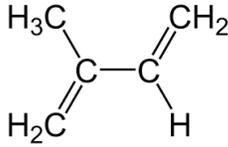
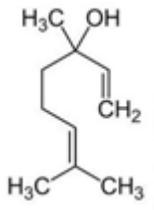
- **Terpenos**

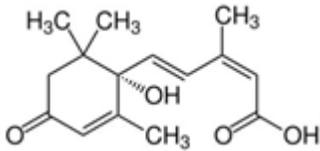
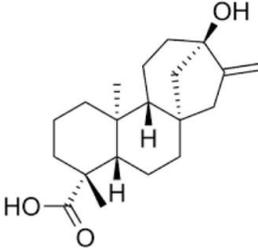
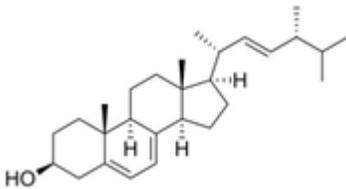
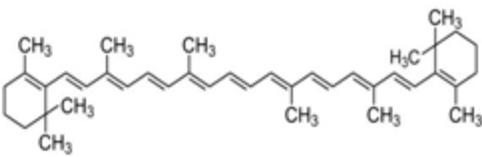
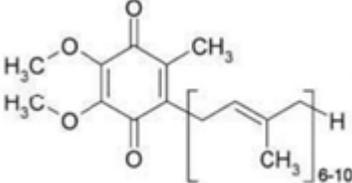
Los terpenos son un grupo grande y diverso de compuestos orgánicos derivados del isopreno (o 2-metilbuta-1,3-dieno) que es un hidrocarburo de 5 átomos de carbono (Devlin, 2004).

Los terpenos pueden clasificarse de acuerdo con el número de unidades de isopreno que tiene su estructura (Tabla 1).

Tabla 1

Clasificación de los terpenos

Tipo	Unidades de isopreno	Ejemplo	Estructura
Hemiterpenos			
(C ₅)	1	Isopreno	
Monoterpenos			
(C ₁₀)	2	Linalol	

Tipo	Unidades de isopreno	Ejemplo	Estructura
Sesquiterpenos			
(C ₁₅)	3	Ácido absólico	
Diterpenos			
(C ₂₀)	4	Esteviol	
Triterpenos			
(C ₃₀)	6	Ergosterol	
Tetraterpenos			
(C ₄₀)	8	β - caroteno	
Politerpenos			
	Más de 8	Ubiquinona	

Nota: Tomado de Almeyda (2017).

Los terpenos se sintetizan a partir de metabolitos primarios por dos rutas: la del ácido mevalónico (MEV), que tiene lugar en el citosol, y la ruta del metileritritol fosfato (MEP), que está en los cloroplastos (Almeyda, 2017).

En la ruta MEV, tres moléculas de acetil-CoA se condensan para formar ácido mevalónico que reacciona hasta formar isopentil difosfato (IPP) y su isómero dimetilalil difosfato (DMAPP), que son los sustratos para la formación de terpenos de mayor tamaño (Almeyda, 2017).

Por la ruta MEP, se puede generar también IPP, mediante la producción de 2-C-metil-D-eritritol 4-fosfato a partir del ácido pirúvico y del gliceraldehido 3-fosfato. El IPP y DMAPP son los precursores activados en la biosíntesis de terpenos en reacciones de condensación catalizadas por prenil transferasas (Fig. 2), que originarán los siguientes compuestos:

- **Geranil difosfato (GPP):** Precursor de monoterpenos
- **Farnesil difosfato (FPP):** Precursor de sesquiterpenos
- **Geranilgeranil difosfato (GGPP):** Precursores de diterpenos

(Almeyda, 2017)

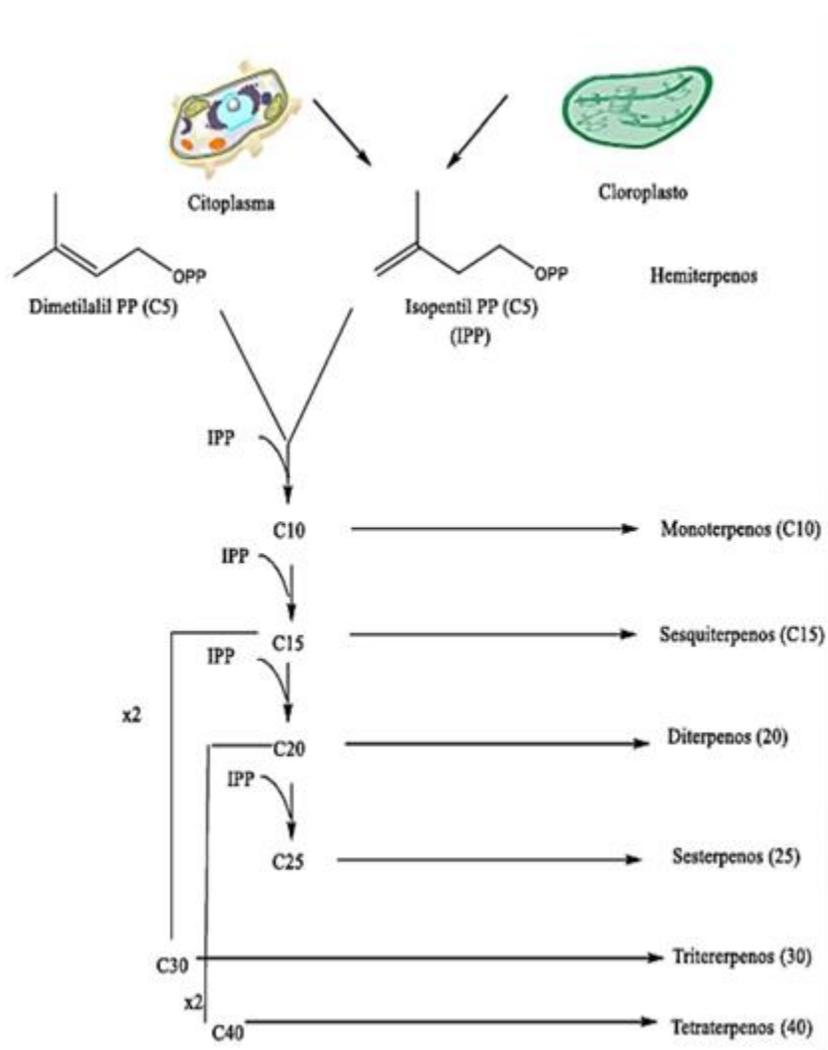
Los terpenos están a cargo de diversas funciones en las plantas, como reguladores del crecimiento vegetal (giberelinas y ácido abscísico); también forman parte de los pigmentos fotosintéticos (fitol, carotenoides); además transportan electrones (ubiquinona, plastoquinona), y son componentes estructurales de las membranas (fitoesteroles) (Almeyda, 2017).

Además de sus funciones estructurales y fisiológicas, muchos terpenos de las familias de C₁₀, C₁₅ y C₂₀, están relacionados con la comunicación y la defensa de las plantas (McGarvey & Croteau, 2015). Por ejemplo, los terpenos pueden funcionar como atrayentes de

polinizadores y dispersores de semillas, fitotoxinas competitivas, antibióticos y repelentes de herbívoros (Kutchan, 2001).

Figura 2

Ruta biosintética de los terpenos



Nota: Tomado de Almeyda (2017).

- **Fenoles**

Las plantas producen una gran variedad de productos secundarios que contienen un grupo fenol, un grupo funcional hidroxilo unido a un anillo aromático. Estos componentes son considerados de importancia fisiológica y morfológica para las plantas porque juegan un rol importante en el crecimiento y reproducción, promoviendo la protección contra patógenos y depredadores además contribuyen a dar color y características sensoriales a las mismas (Taiz & Zeiger, 2002).

Los compuestos fenólicos de las plantas se biosintetizan por varias rutas diferentes: la vía del ácido shikímico y la vía del ácido malónico (Fig.3), por lo que constituyen un grupo heterogéneo desde un punto de vista metabólico (Taiz & Zeiger, 2002).

La vía del ácido shikímico convierte los precursores de carbohidratos simples, derivados de la glucólisis y la vía de las pentosas fosfato, en aminoácidos aromáticos (Herrmann & Weaver, 2019).

Por otro lado, la vía de ácido malónico es una ruta bioquímica que involucra la conversión del ácido malónico en metabolitos como el succinate y el acetil-CoA (Taiz & Zeiger, 2002).

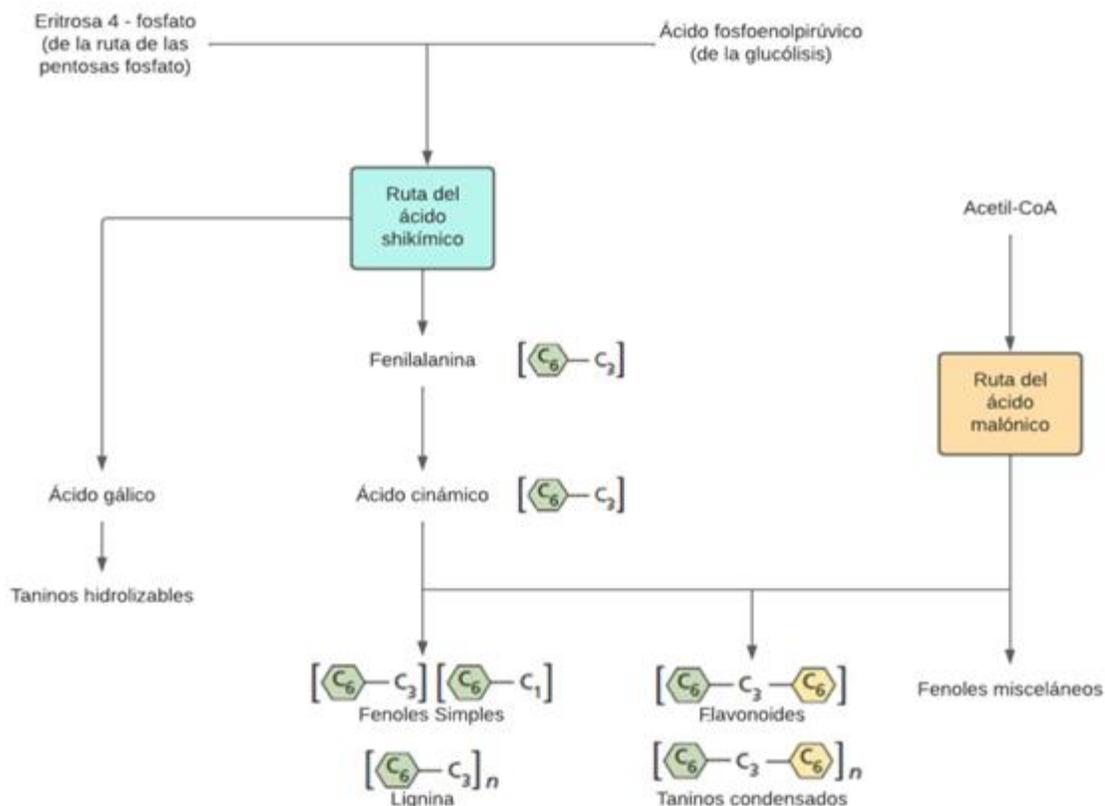
Los compuestos fenólicos tienen las siguientes propiedades fisiológicas: antialérgica, antiinflamatoria, antimicrobiana, antioxidante, antimutagénica y cardioprotectora (Balasundram, 2006).

Los compuestos fenólicos vegetales son un grupo químicamente heterogéneo de casi 10 000 compuestos individuales: algunos son solubles solo en solventes orgánicos, otros son ácidos carboxílicos y glucósidos solubles en

agua y también existen polímeros grandes e insolubles (Fig. 4) (Taiz & Zeiger, 2002).

Figura 3

Ruta biosintética de los compuestos fenólicos



Nota: Tomado de Taiz & Zeiger (2002).

De acuerdo con su diversidad química, los compuestos fenólicos desempeñan una variedad de funciones en la planta (Fig. 5). Muchos sirven como compuestos de defensa contra herbívoros y patógenos. Otros funcionan como soporte mecánico, atrayendo polinizadores y dispersores de frutos, absorbiendo radiación ultravioleta o reduciendo el crecimiento de plantas competidoras cercanas (Taiz & Zeiger, 2002).

- **Alcaloides**

Los Alcaloides, son sustancias orgánicas nitrogenadas, de estructura compleja, cuya molécula está constituida por grupos atómicos que contienen nitrógeno y forman anillos cerrados, tienen carácter básico y generalmente son sintetizados a partir de aminoácidos (Gravel & Poupon, 2010).

Estos metabolitos secundarios son producidos, en gran parte, por plantas con flores y sintetizados, en mínimas proporciones, en los órganos de las plantas que son más vulnerables al ataque de algún herbívoro o plaga (Roy, 2017).

Existen varios criterios para clasificar a los alcaloides, como la clasificación por estructura básica, tipo de núcleo y origen (Roy, 2017), siendo esta última la más utilizada, que se describirá a continuación

- **Alcaloides verdaderos:** Son aquellos que poseen un nitrógeno heterocíclico, y su esqueleto de carbono deriva de un aminoácido proteínico.
- **Pseudoalcaloides:** Son aquellos que tienen nitrógeno en su estructura, pero que no han sido biosintetizados a partir de aminoácidos, sino que se crean por la transferencia de nitrógeno en forma de amoníaco a un compuesto de origen terpénico, esteroide, policétido, monosacárido o a un ácido graso.
- **Protoalcaloides:** Son los que no forman un sistema heterocíclico y se constituyen a partir de un aminoácido proteínico. Muchos de estos compuestos contienen un grupo amino o amida.
- **Secoalcaloides:** Son alcaloides que surgen de un alcaloide verdadero, pero por ruptura del anillo heterocíclico, se crea un grupo nitrogenado de cadena abierta.

- **Genalcaloides:** Son los derivados por oxidación de los alcaloides que contienen un grupo $R=(NO)-R$, donde el nitrógeno tiene número de oxidación +5.

(Fattorusso & Tagliatela-Scafati, 2008)

Similar a los productos naturales mencionados anteriormente, los alcaloides cumplen con algunas funciones ecológicas como: barreras químicas contra fitopatógenos y herbívoros; reservorios de nitrógeno, entre otras (Fattorusso & Tagliatela-Scafati, 2008; Hartmann & Ober, 2008). Además, debido a sus características químicas, han sido empleados en la producción de fármacos, biopesticidas y venenos (Abdelrahman & Jogaiah, 2020).

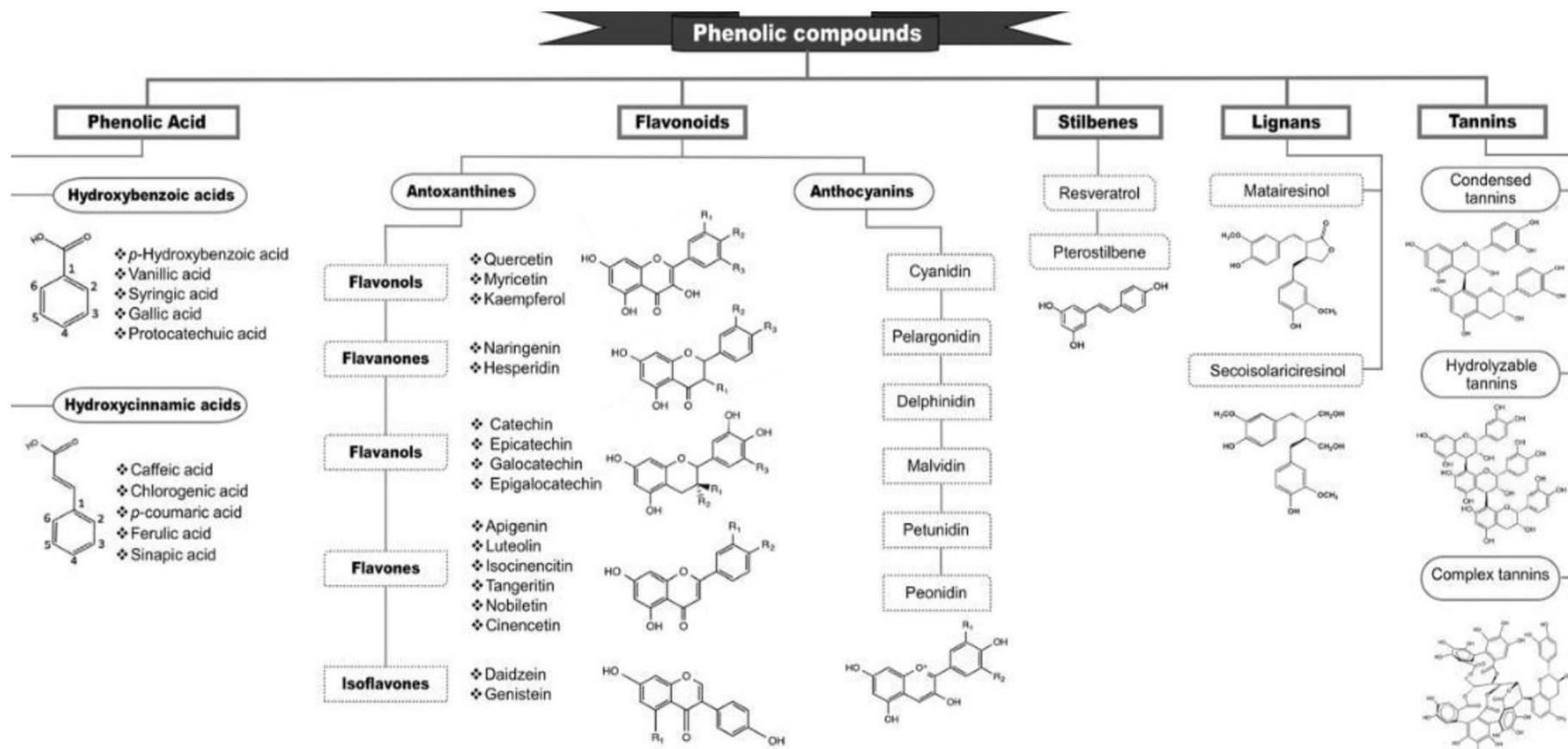
Rol de los Principios Activos: Alelopatía

El término alelopatía se ha llegado a aplicar a los efectos nocivos de las plantas sobre sus vecinos, aunque una definición precisa también incluye los efectos beneficiosos en las mismas (Taiz & Zeiger, 2002).

De las hojas, las raíces y la basura en descomposición, las plantas liberan una variedad de metabolitos primarios y secundarios al medio ambiente. La investigación de los efectos de estos compuestos en las plantas vecinas es el estudio de la alelopatía. Si una planta puede reducir el crecimiento de las plantas cercanas mediante la liberación de sustancias químicas en el suelo; aumenta su acceso a la luz, el agua y a los nutrientes, por lo tanto, se podría decir que incrementa su aptitude evolutiva (Taiz & Zeiger, 2002).

Figura 4

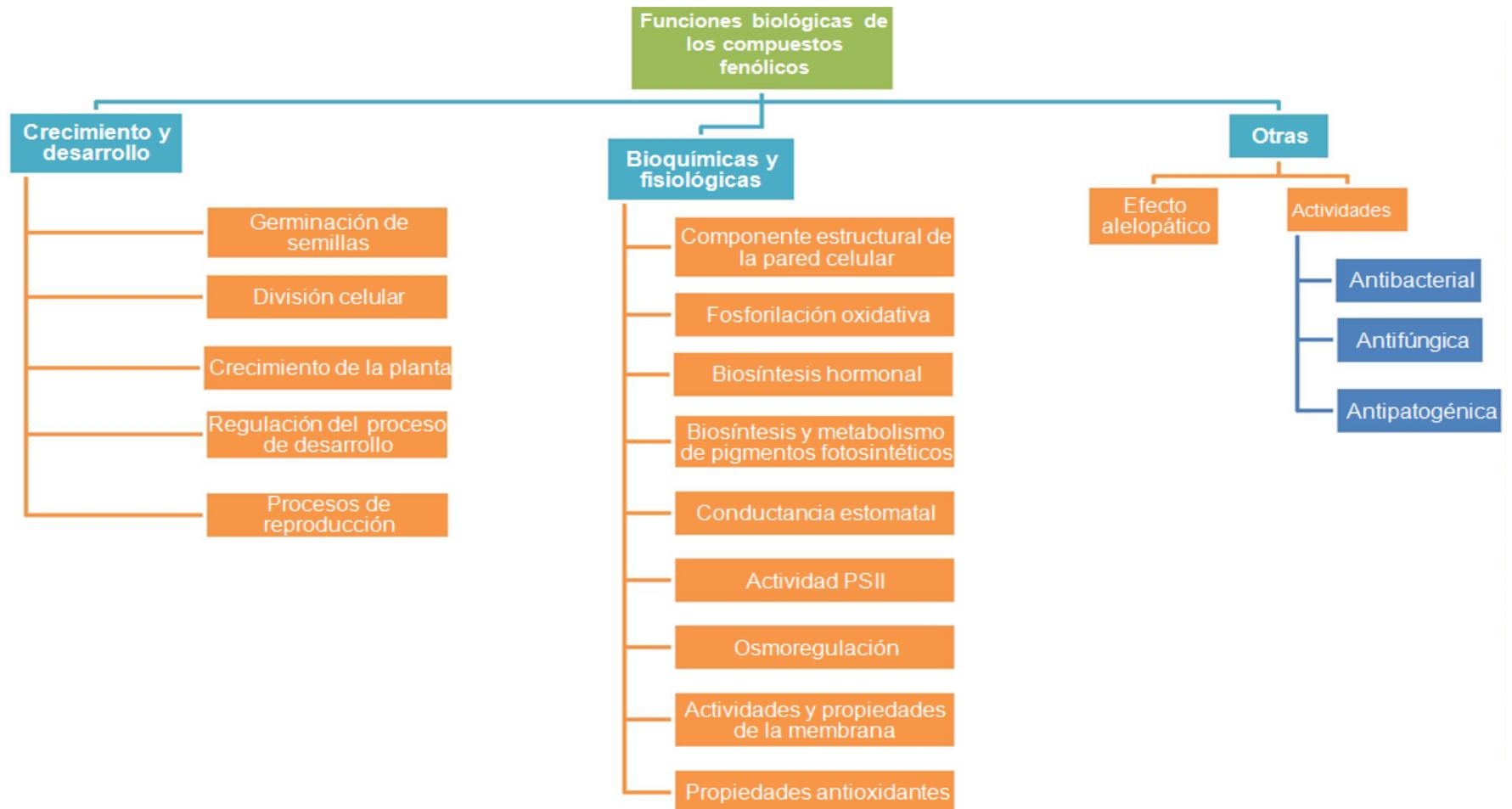
Clasificación general de los fenoles vegetales



Nota: Tomado de Belščak-Cvitanović et al. (2018), Dias et al. (2020) y Durazzo et al. (2019).

Figura 5

Funciones biológicas de los compuestos fenólicos



Nota: Tomado de Parvin et al. (2022)

La importancia de la alelopatía en los ecosistemas naturales sigue siendo controvertida. Muchos científicos dudan de que la alelopatía sea un factor significativo en las interacciones planta-planta porque ha sido difícil obtener buena evidencia de este fenómeno. Es fácil demostrar que los extractos o compuestos purificados de una planta pueden inhibir el crecimiento de otras plantas en experimentos de laboratorio, pero ha sido muy difícil demostrar que estos compuestos están presentes en el suelo en concentración suficiente para inhibir el crecimiento (Taiz & Zeiger, 2002).

Además, las sustancias orgánicas del suelo a menudo se unen a las partículas del suelo y los microbios pueden degradarlas rápidamente. A pesar de la falta de evidencia que la respalde, la alelopatía es actualmente de gran interés debido a sus posibles aplicaciones agrícolas. Una perspectiva futura emocionante es el desarrollo de plantas de cultivo modificadas genéticamente para que sean alelopáticas frente a las malas hierbas (Taiz & Zeiger, 2002).

Importancia de los cultivos alimenticios de *Lactuca sativa* (Linneo) y *Raphanus sativus* (Linneo)

La lechuga, *Lactuca sativa* (Linneo), y el rábano, *Raphanus sativus* (Linneo), son productos de alto valor nutritivo gracias a su alto contenido en vitaminas, fibras y sustancias antioxidantes. En el Ecuador, estos vegetales son los de mayor demanda de consumo, debido a su alto aporte nutricional y su contenido calórico mínimo, por lo que acompañan bien a cualquier tipo de dieta (Moreiras, y otros, 2013).

En los últimos años, el aumento en el consumo de estos vegetales en la dieta, es por los beneficios que estos proveen a la salud. El rábano y la lechuga son alimentos con un bajo aporte calórico gracias a su alto contenido en agua y bajo en nutrientes energéticos como proteínas, hidratos de carbono y lípidos (Moreiras, y otros, 2013).

Después del agua, su principal componente son las vitaminas y la fibra. De su contenido vitamínico destacan la vitamina C y entre los minerales el hierro y el yodo. También se destaca la presencia de compuestos de azufre de acción antioxidante. Dichas sustancias son, en parte, responsables del efecto diurético y digestivo de estos vegetales. Además, la lechuga y el rábano aumentan la secreción de bilis en el hígado (efecto colerético) y facilitan el vaciamiento de la vesícula biliar (acción colagoga), por otra parte, le confieren un sabor picante característico (Moreiras, y otros, 2013).

Importancia de los cultivos ornamentales de *Cynodon dactylon* (Persoon)

El césped común, *Cynodon dactylon* (Persoon), es cultivado con fines decorativos por sus características estéticas; con motivo de entretenimiento deportivo por su resistencia y como protector ambiental debido a sus propiedades como agente purificador de aire, reductor de polución y protector contra la erosión de suelos. Asimismo, absorbe campos electromagnéticos, provee humedad al aire y se adapta a cualquier tipo de superficie (Jogamar, 2019).

Además, la siembra de esta planta, constituye una terapia para la reducción de afecciones como: la ansiedad, el estrés y la depresión (Olivar, 2023).

Por otro lado, la American Horticultural Therapy Association, afirma que los entornos metropolitanos ricos en espacios verdes con césped y otras plantas ornamentales, tienen menor índice delincriminal que otros sitios con poco o nada de éstas áreas (Olivar, 2023).

En otro artículo publicado por la misma asociación, se destaca que la presencia de áreas verdes con césped y especies florales en entornos académicos de varias ciudades de Estados Unidos, como: escuelas, colegios, institutos y universidades, ha hecho que el rendimiento educativo de los estudiantes mejore en un 37% (Olivar, 2023).

En nuestro país, el cultivo de césped se hace con fines estéticos en parques, redondeles, parterres, edificios de vivienda y corporativos, patios de instituciones académicas,

entre otros. También se realiza con motivos de entretenimiento, en canchas de fútbol (Guamán, 2015).

Por otro lado, en algunos sectores agrarios del país, tanto en la costa como en la sierra, se realiza la siembra de césped en las superficies de cultivo, con el fin de evitar la erosión, tener una fuente de alimento para animales herbívoros domésticos y hacer que la tierra tome un “descanso” después de un ciclo de labranza (Guamán, 2015).

Sin embargo, el crecimiento espontáneo del césped en cualquier superficie, sobre todo en los suelos destinados a la agricultura, representa un problema a nivel económico y de rendimiento (Leguizamón, 2014).

A nivel mundial, las malezas que más atacan a los cultivos de interés alimentario son: el cebollín, *Cyperus rotundus* (Linneo); el pasto dentado, *Echinochloa crus-galli* (P. Beauv.); la maciega, *Imperata cylindrica* (Linneo); el jacinto de agua, *Eichhornia crassipes* (Mart. Solms); la cahirueta, *Convolvulus arvensis* (Linneo); el césped, *Cynodon dactylon* (Persoon); la hierba agria, *Paspalum conjugatum* (Berg) y la juncia avellanada, *Cyperus esculentus* (Linneo) (Holm, Plucknett, & Herberger, 2017; Labrada, Caseley, & Parker, 2018).

En el Ecuador, muchos cultivos de interés comercial son afectados por el césped (Guamán, 2015). La presencia de esta planta en los agroecosistemas del territorio nacional, hace que los productos de interés alimentario, reduzcan su calidad en un 65% (Leguizamón, Las Malezas y el Agroecosistema, 2015). El césped succiona la mayor cantidad agua y minerales del suelo, como el calcio, fósforo y hierro, haciendo que los cultivos no se desarrollen apropiadamente y perezcan ante las condiciones bióticas y abióticas del medio de crecimiento (Leguizamón, Las Malezas y el Agroecosistema, 2015).

Si bien es cierto que el césped cumple con algunas funciones beneficiosas, también presenta algunos problemas de interés, sobre todo en el sector productivo mundial y nacional.

Canela - *Cinnamomum verum* (J.Presl)

- **Historia de *Cinnamomum verum* (J.Presl)**

La canela, *Cinnamomum verum* (J.Presl), es originaria de Sri Lanka, un país insular ubicado al sureste de la India. Es una de las especias vegetales más antiguas. Fue cultivada y utilizada por la civilización china antes de Cristo. Se menciona en la Biblia como Quesiah. Los antiguos egipcios la usaban como control de las epidemias y en los embalsamamientos de sus momias (Sánchez, 2013).

Los vendedores árabes la comerciaban con los habitantes de Grecia y Roma, que la usaban como condimento por su poder vivificante. En China y en Arabia, sólo era utilizada por los sacerdotes cuando realizaban ofrendas religiosas al sol y al fuego (Ravindran, Nirmal, & Shylaja, 2004).

El comercio de la canela se inició con los portugueses en el siglo XVI por la ruta de Ceilán. Cuando éstos fueron expulsados por los holandeses en 1636, la ruta de Ceilán y su comercio mundial quedó bajo su poder durante 200 años. Su monopolio finalizó en 1796, año en que la Compañía de las Indias Orientales Inglesa, tomó el control. Para 1770, el mercado se volvió más competitivo, con el traslado de las plantaciones a Java, India y las islas Seychelles (Wijesekera, 2012).

Para ese entonces, se nombró a la canela como *Cinnamomum zeylanicum* (Linneo). El nombre genérico *Cinnamomum* proviene del griego *Kinnamon* o *Kinnamomon*, que significa madera dulce y el término *zeylanicum* fue acuñado por su país de origen, en esos tiempos Ceilán, ahora Sri Lanka (INECOL, 2023). Sin embargo, cuando el comercio de la canela pasó a manos

de los ingleses, se la empezó a llamar como canela verdadera o producto verdadero, como una forma de comercio competitivo entre otros vendedores (INECOL, 2023). Esta manera de denominar a la canela se hizo tan común entre consumidores y vendedores que para 1825, el químico, botánico, zoólogo, geólogo, mineralogista y palentólogo checo Jan Svatopluk Presl, la nombró como *Cinnamomum verum*, tomando en cuenta que el término *verum* deriva del latín *verus o vera* que significa verdadero (INECOL, 2023).

En Sudamérica, existen algunas evidencias de la existencia de la canela (Lindorf, 2002).

Dauxion Lavaisse (1813) menciona que desde 1776 algunos habitantes de Tobago se dedicaban al cultivo de las especias, tales como la pimienta de Jamaica, *Pimenta dioica* (Linneo Merr., 1947); la canela, *Cinnamomum zeylanicum* (Linneo); el jengibre, *Zingiber officinale* (Roscoe, 1807); el clavo de olor, *Syzygium aromaticum* (Linneo Merr. Y L.M. Perry, 1939) y otras. Humboldt, al reseñar sus viajes a América entre 1799 y 1804, escribe que desde hace algunos años se cultiva el legítimo canelo originario de Ceilán (actualmente Sri Lanka) con buen éxito en varias partes del Nuevo Continente. Viajeros antiguos habían indicado la existencia de una canela americana; tal es el caso de Caulín (1779), que explica que muchos usan la canela de Tocuyo mezclada con el chocolate, porque ayudaba a las afecciones estomacales. Este autor también menciona, en antiguos relatos, sobre una canela peruana, que tal vez se trataba de la *Drimys winteri* (J.R.Forst. & G. Forst.). A su vez, Gumilla (1745) y Gilij (1784) precisan la existencia de la canela en la parte superior del Orinoco. Aunque las descripciones no son muy exactas, es posible que esta planta fuese *Aniba canelilla* (Kunth Mez), árbol de las Guayanas y el alto Orinoco, cuya corteza

dulce y aromática se asemeja a la verdadera canela. Por otra parte, en la región insular del Caribe y en el sur de Florida, se utiliza como condimento el polvo molido de la *Canella winterana* (Linneo Gaertn), conocida como canela blanca o canela salvaje (Ayensu, 1981; Morton, 1981; Lindorf, 2002).

En Ecuador, no son precisos los registros de especies botánicas. Sin embargo, en épocas de la conquista y posterior colonización, en 1536 el Capitán Gonzalo Díaz de Pineda bajó por el río Pastaza al Oriente y llamó a esa región como “País de la Canela”, por los numerosos árboles de “Ishpingo” que en forma silvestre encontraba a su paso. Desde ese año hasta 1551, se realizaron numerosas expediciones a los bosques y selvas próximas de dicha ubicación, con el fin de explotar la producción de ésta planta para la exportación internacional (Portal de Ecuador al Mundo, 2022). De acuerdo con Pelayo y Puig-Samper (1992), la canela existente de Ecuador es la *Drimys winteri* (J.R.Forst. & G. Forst.), aunque esta es también denominada la canela peruana.

Por otro lado, en el gobierno de Otto Arosemena Gómez, en 1967, en un conversatorio con el entonces alcalde de Guayaquil Assad Bucaram Elmhain, acerca de nuevos comercios para el país, se concluyó que se realizarían cultivos de canela de plántulas traídas de Sri Lanka con la idea de convertir al país en exportador de ésta especia (Portal de Ecuador al Mundo, 2022). Desde ese año, *Cinnamomum verum* (J.Presl), se cultiva en Ecuador y forma parte de la flora introducida a nuestro país.

Actualmente, el comercio de la canela es partir de la corteza del árbol.

- **Agronomía de *Cinnamomum verum* (J.Presl)**

La Canela es una planta perteneciente a la familia de las Lauraceae. Su nombre científico es *Cinnamomum verum* (J.Presl), su taxonomía se presenta en la Tabla 2. Las hojas son ovalacuminadas, tiesas, brillantes y olorosas de 8 a 16 cm de largo por 3,5 a 7 cm de ancho; con 3 a 5 nervaduras bien visibles que parten de la base. Las flores son de color amarillento, de unos 6 mm y se presentan en racimos; el fruto es ovoide-agudo seco, de color café oscuro y mide de 10 a 13 mm (Fig. 6). Fructifica de junio a septiembre. Requiere un clima tropical húmedo cuya temperatura no sea inferior a 25 °C y con una precipitación pluvial de 1 a 2 metros cúbicos anuales; puede prosperar bien cerca del nivel del mar hasta unos 500 metros en terrenos de aluvión, bajos arenosos – humíferos (Martínez, 2015).

Tabla 2

Taxonomía de Cinnamomum verum (J. Presl)

	Nivel	Descripción
	Dominio	Eucaria
	Clase	Magnoliopsida
	Orden	Lurales
	Familia	Lauraceae
	Género	<i>Cinnamomum</i>
	Especie	<i>Cinnamomum verum</i> (J.Presl)
	Nombre común	Canela

Nota: Tomado de Mateos et al. (2011)

Figura 6

Semillas, hojas y flores de Cinnamomum verum (J.Presl).



Nota: Tomado de Kohler's (2014)

La canela es una planta resistente, creciendo en todo tipo de suelo bajo variadas condiciones tropicales. Se puede propagar por estacas, acodos y semillas. Los cuidados que necesitan las plantaciones son el deshierbe y el riego oportuno (Martínez, 2015).

- **Composición química de *Cinnamomum verum* (J.Presl)**

La canela vista desde el lente de un microscopio, se identifica por fibras acordonadas y largas, con paredes gruesas, células esclerenquimatosas, pequeños granos de almidón y diminutos cristales de oxalato de calcio (Fig. 7) (Kirk et al., 1996).

Figura 7

Corteza de Cinnamomum verum (J.Presl) en polvo x240



Nota: Tomado de Kirk et al. (1996)

Los extractos del género *Cinnamomum* destilados de la corteza, se distinguen por contener fenoles como el eugenol, con un intervalo porcentual de 4 – 10 % y aldehídos, por ejemplo, el cinamaldehído en proporción del 60 – 75%, como los principales compuestos. El cinamaldehido (trans-3fenilpropenal) (Fig. 8a) es el compuesto orgánico que da el sabor y olor a la canela, esta molécula tiene un bajo nivel de densidad y es un agente anti-diabético y antimicrobiano (Senanayake & Wijesekera, 2004).

El eugenol (Fig. 8b) es un derivado fenólico de consistencia líquida y aceitosa, color amarillo claro, con aroma característico, poco soluble en agua y soluble en alcohol (Senanayake & Wijesekera, 2004). La canela también puede llegar a contener otros compuestos como beta-linalol, acetato de eugenil, alfa y

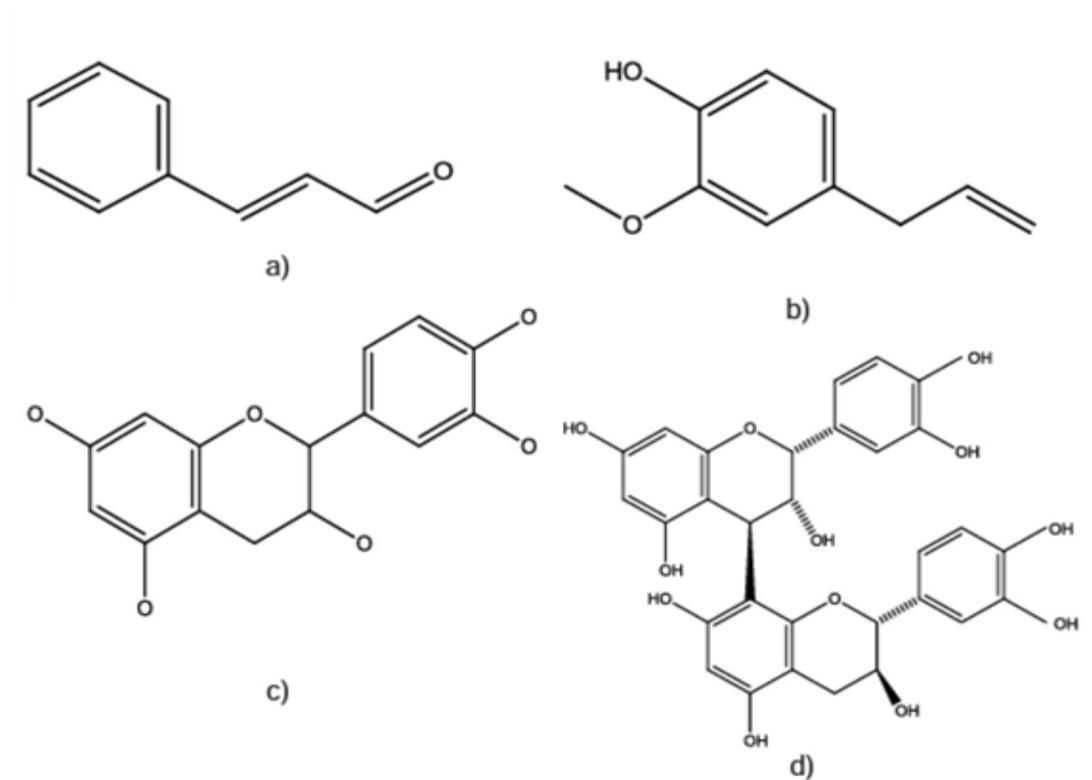
beta pineno, beta cariofileno, p-cimeno, alcanfor y cinamil acetato (Dighe, Gursale, & Charegaonkar, 2009).

Cinnamomum verum (J.Presl) contiene catequinas y procianidinas (Fig. 8c y 8d), responsables de conferir un sabor astringente y actividad antioxidante. Estas procianidinas pueden estar en forma de dímeros a hexámeros en donde las fracciones de polifenoles son producidos cuando la catequina y el cinamaldehido son sometidos a tratamientos térmicos a 100°C (Sánchez, 2013).

Figura 8

Estructura de algunos componentes presentes en *Cinnamomum verum* (J.Presl) a)

Cinamaldehído, b) eugenol, c) catequina y d) procianidina



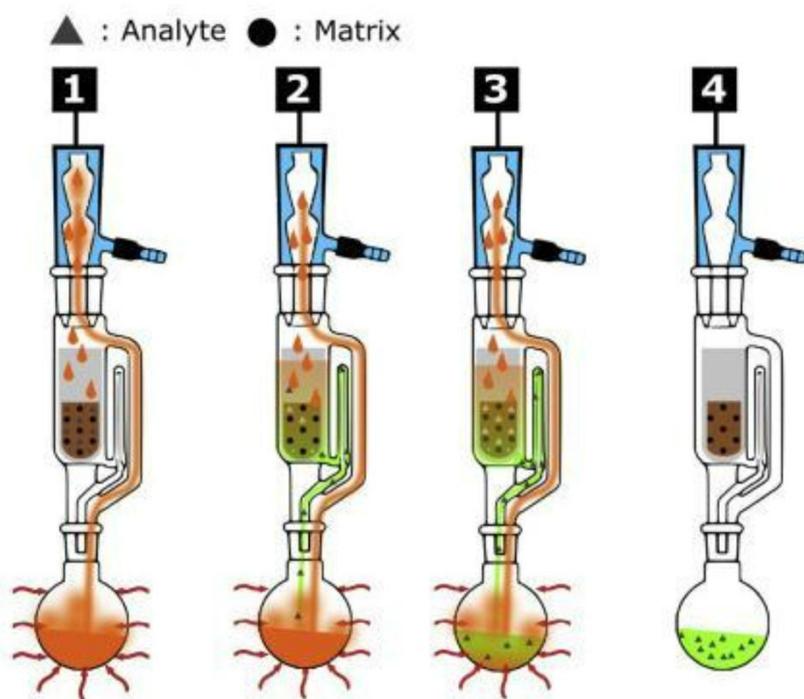
Nota: Tomado de Sánchez (2013)

Métodos de Extracción de Principios Activos: Método de Soxhlet

Se basa en el principio de extracción por solvente. Consiste en introducir la muestra sólida en un cartucho de papel filtro y colocarlo en una trampa o matriz de Soxhlet. El disolvente se calienta y hierve, generando vapores que se condensan en la parte superior del aparato y posteriormente gotean sobre la muestra sólida. El disolvente extrae los compuestos orgánicos de la muestra a medida que se filtra a través del cartucho. Esto se repite en ciclos continuos hasta que la extracción se considera completa (Fig. 9) (Zurita, Koller, & Zabalaga, 2021).

Figura 9

Ilustración esquemática del flujo de trabajo de SOX



Nota: Tomado de Weggler e al. (2020)

El principio clave detrás del método Soxhlet es la capacidad del disolvente caliente para extraer selectivamente los compuestos orgánicos de la muestra, sin disolver la muestra sólida.

reacción éter mangánico cíclico o manganato cíclico (Morrison & Boyd, 2017; Carey Francis, 2018).

- Hidrólisis

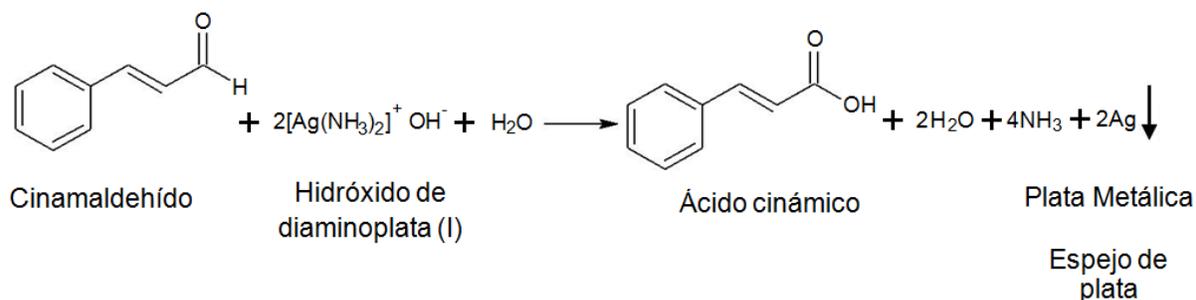
El éter mangánico cíclico en medio acuoso se hidroliza produciendo el glicol y dióxido de manganeso (MnO₂). En esta fase, se evidencia la decoloración de la solución púrpura de permanganato, con la aparición de un precipitado marrón (Morrison & Boyd, 2017; Carey Francis, 2018).

• Reacción de Tollens

La reacción de Tollens (Fig. 11), también conocida como reacción de plata amoniacal, es utilizada para la identificación de aldehídos en solución acuosa (ThermoFisher Scientific, 2022).

Figura 11

Reacción de la prueba de Tollens



A continuación, se muestra el mecanismo general de la reacción:

- a) El reactivo de Tollens se prepara mezclando una solución de nitrato de plata (AgNO₃) con solución de hidróxido de sodio (NaOH) y adición de hidróxido de amonio (NH₄OH) hasta la disolución de los precipitados formados en la preparación del reactivo.

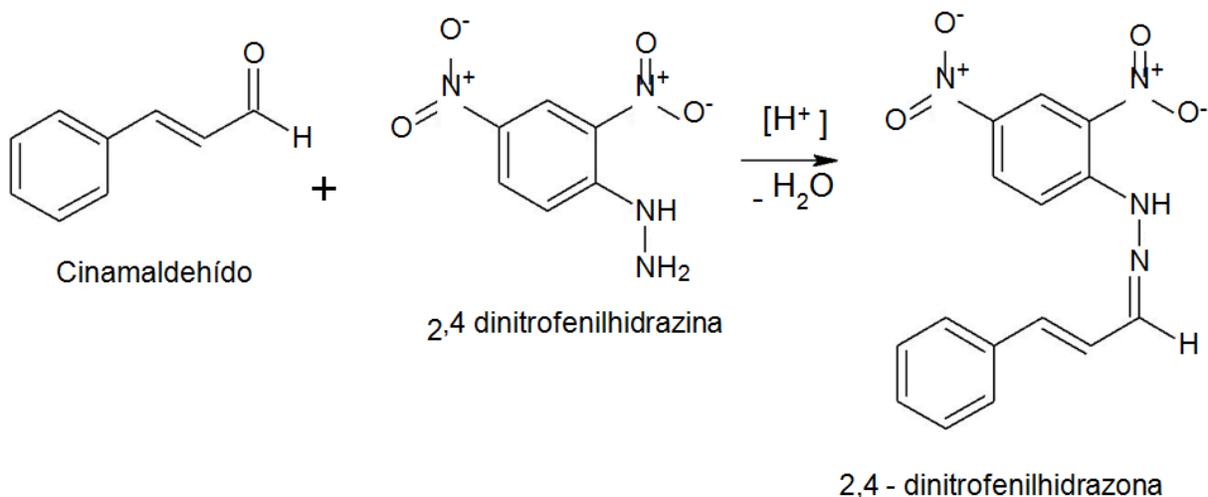
- b) El hidróxido de amonio actúa como base y desprotona al reactivo de Tollens para formar iones amonio (NH_4^+) y una solución coloidal de hidróxido de plata (AgOH).
- c) Un aldehído, en presencia de una base débil (puede ser el hidróxido de amonio o el agua presente en la reacción), se disocia para formar un ión alquinoxonio y un ion hidróxido (OH^-).
- d) El formaldehído oxonio se oxida a ácido fórmico mediante una reacción de transferencia de electrones con el hidróxido de plata coloidal. El hidróxido de plata se reduce a plata metálica (Ag^0).
- e) El producto final de la reacción es una solución acuosa que contiene iones plata metálica (Ag^0) como precipitado plateado, que puede observarse como un espejo en el interior del tubo de ensayo.

(ThermoFisher Scientific, 2022)

En resumen, el reactivo de Tollens permite la identificación de aldehídos mediante la formación de un espejo de plata metálica, lo cual es indicativo de la presencia de un aldehído en el extracto, el mismo que se transforma a ácido carboxílico (ThermoFisher Scientific, 2022).

- **Reacción de Brady**

La 2,4-dinitrofenilhidrazina o reactivo de Brady, se usa para detectar cualitativamente los grupos carbonilo de cetonas y aldehídos (Allen, 2010). El resultado es positivo cuando hay un precipitado rojo o amarillo (dinitrofenilhidrazona):

Figura 12*Reacción de Brady*

Esta reacción (Fig. 12) es una condensación donde se unen dos moléculas y pierden agua. También se la conoce como reacción de adición-eliminación, ya que tiene lugar una adición nucleofílica del grupo amino ($-NH_2$) al grupo carbonilo ($C=O$), seguida de la remoción de una molécula de agua (H_2O) (Allen, 2010).

Los cristales de las distintas hidrazonas tienen puntos de fusión y ebullición característicos. Gracias a ello la 2,4-DNFH puede usarse para distinguir entre diversos compuestos con grupos carbonilos (Allen, 2010).

- **Reacción de Lucas**

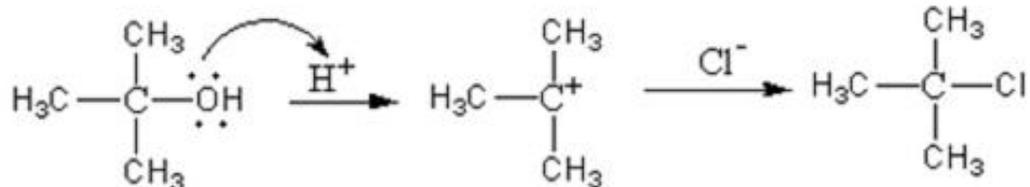
El reactivo de Lucas es una solución de cloruro de zinc ($ZnCl_2$) disuelto en ácido clorhídrico (HCl) concentrado (Shriner & Fuson, 2016). Esta disolución es usada para clasificar alcoholes de bajo peso molecular. La reacción (Fig. 13) es una sustitución donde el cloruro (Cl^-) reemplaza el grupo hidroxilo (OH^-) (Shriner & Fuson, 2016).

El ensayo es positivo cuando hay cambio de una solución limpia y sin color, a una solución turbia de dos fases, por la formación de un cloruro de alquilo (Shriner & Fuson, 2016).

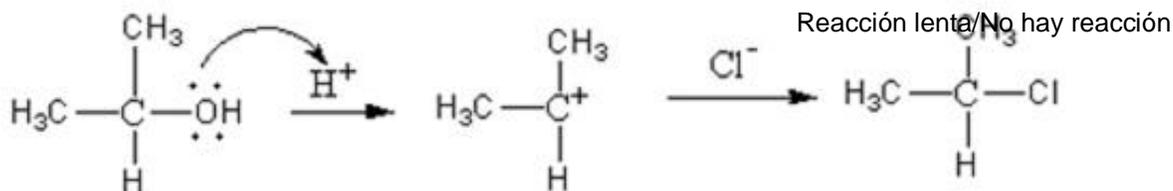
Figura 13

Reacción de Lucas

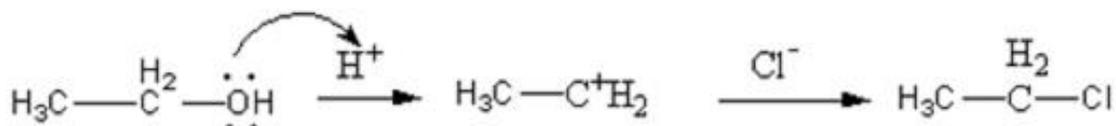
Alcohol Terciario



Alcohol Secundario



Alcohol Primario



Nota: Tomado de Guerrero (2013).

Cuando se agrega el reactivo de Lucas al alcohol, el protón (H⁺) del ácido clorhídrico (HCl), protonará al grupo hidroxilo (OH⁻) de éste y se eliminará como agua (H₂O). Siendo un nucleófilo más débil que el hidroxilo (OH⁻), puede ser sustituido por el cloruro (Cl⁻) (Guerrero, 2013).

En la sustitución nucleofílica unimolecular, la velocidad de reacción es más rápida cuando el carbocatión intermediario está más estabilizado por un mayor número

de grupos alquilo (R^-) donantes de electrones, unidos al átomo de carbono cargado positivamente (Guerrero, 2013).

Los alcoholes terciarios reaccionan inmediatamente con el reactivo de Lucas para producir turbidez, mientras que los alcoholes secundarios lo hacen en cinco minutos. Los alcoholes primarios no reaccionan significativamente con el reactivo de Lucas a temperatura ambiente (Guerrero, 2013).

Cromatografía en capa fina

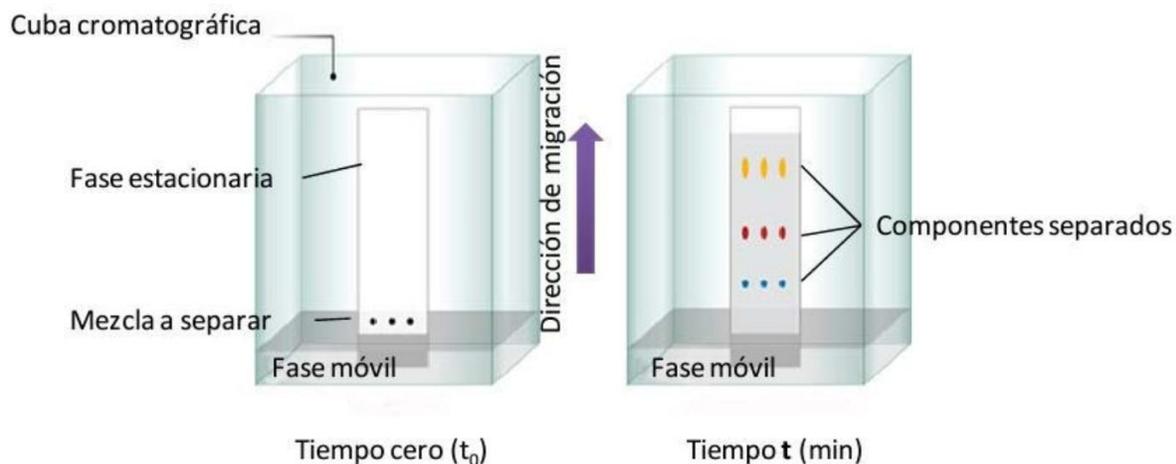
- **Definición**

La cromatografía en capa fina (CCF) es un método de separación por afinidad que se utiliza para aislar los compuestos de una mezcla (Fig. 14) (Merck, 2023).

Además, esta técnica permite: determinar el grado de pureza de un compuesto, comparar muestras, realizar el seguimiento de una reacción, etc (UAM, 2020).

Figura 14

Separación de componentes de una mezcla por cromatografía en capa fina



Nota: Tomado de Sgariglia et al. (2010)

- **Fase estacionaria**

Consiste en una capa delgada de un material adsorbente, como: gel de sílice, alúmina o celulosa; depositada sobre un soporte plano de vidrio, una lámina de aluminio o de plástico (Universidad de Barcelona, 2019).

- **Fase móvil**

Es un fluido que puede ser líquido, gas o fluido supercrítico; que se usa como portador de la mezcla y que la transporta a través de la fase estacionaria plana o en columna (Sgariglia, Soberón, Sampietro, & Vattuone, 2010).

- **Adsorción**

Es un proceso donde los átomos, iones o moléculas son retenidos en la superficie de una material (UAM, 2020).

Este proceso se lleva a cabo por las interacciones intermoleculares de tipo dipolo-dipolo o enlaces de hidrógeno entre el soluto y el adsorbente (UAM, 2020).

El adsorbente debe ser inerte con las sustancias a analizar y no actuar como catalizador en reacciones de descomposición (UAM, 2020).

- **Elución**

Es el proceso de extracción de una sustancia contenida en otra, a través del flujo de un solvente (UAM, 2020).

- **Adsorbentes y eluyentes**

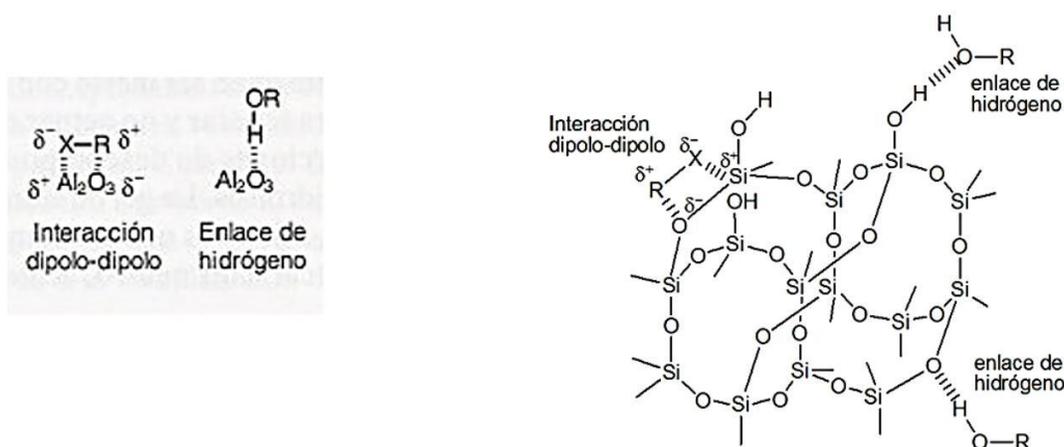
En la fase estacionaria, los adsorbentes más utilizados son el gel de sílice (SiO_2) y la alúmina (Al_2O_3), ambos de carácter polar (UAM, 2020). La alúmina anhidra es el más activo de los dos, debido a que retiene con mayor fuerza a los compuestos; por ello, se emplea en la separación de sustancias relativamente apolares como hidrocarburos, haluros de alquilo, ésteres, aldehídos y cetonas (UAM, 2020).

Por otro lado, el gel de sílice, se utiliza en la separación de sustancias más polares como alcoholes, aminas, ácidos carboxílicos (Fig. 15) (UAM, 2020).

Asimismo, el eluyente puede ser un disolvente único o dos miscibles de distinta polaridad. A continuación, se muestra los disolventes comúnmente empleados por orden creciente (UAM, 2020).

Figura 15

Mecanismo de interacción de la alúmina anhidra y del gel de sílice con



Nota: Tomado de UAM (2020)

De forma general, estos disolventes tienen bajos puntos de ebullición y viscosidad, lo que les permite moverse con rapidez (UAM, 2020).

- **Factor de Retardo (R_f)**

Se utiliza para medir el movimiento de los compuestos a lo largo de la placa de CCF. El R_f se define como la relación entre la distancia recorrida por un compuesto (X) y la distancia total recorrida por el disolvente (Y) (Fórmula 1) (Fig. 16). Su valor se encuentra siempre entre cero y uno (Merck, 2023).

Hexano < tetraclorometano < cloroformo < diclorometano < acetato de etilo < acetona < 2-propanol < metanol < agua

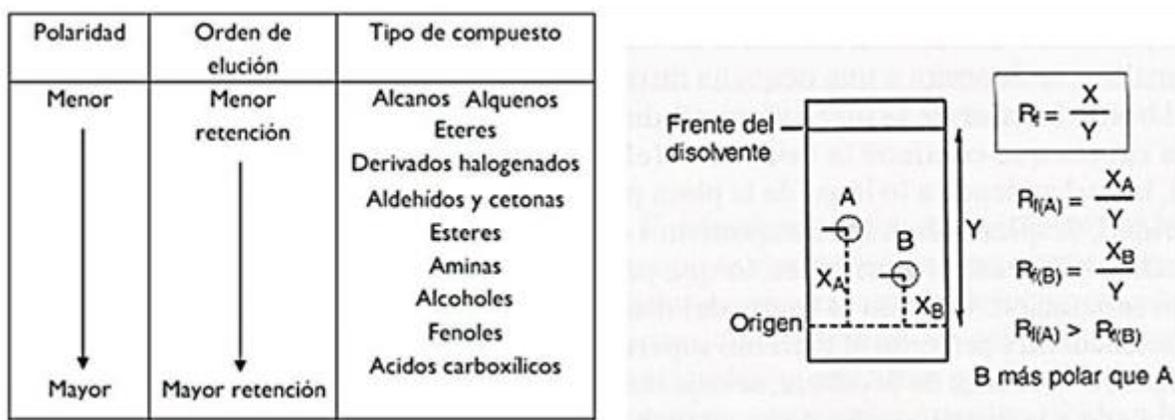
Fórmula 1

Ecuación para la determinación del factor de retardo

$$R_f = \frac{\text{Distancia recorrida por un compuesto (X)}}{\text{Distancia recorrida por el disolvente (Y)}}$$

Figura 16

Esquema de medición del factor de retardo



Nota: Tomado de UAM (2020)

La retención se explica en base a la competencia que se establece entre el soluto a separar y la fase móvil por adsorberse a los centros activos polares de la fase estacionaria (UAM, 2020). Así, las moléculas de soluto que se encuentran adsorbidas en la fase estacionaria y a medida que se produce la elución, van siendo desplazadas por la fase móvil (UAM, 2020).

La retención y la selectividad en la separación dependen de los valores respectivos de las constantes de los diferentes equilibrios químicos que tienen lugar, que están en función de la polaridad del compuesto, determinada por el número y naturaleza de los grupos funcionales presentes (Merck, 2023).

Los solutos más polares quedarán más retenidos puesto que se adsorben más firmemente a los centros activos de la fase estacionaria, mientras que los no polares se eluirán con mayor facilidad. Así, para un mismo compuesto, un aumento en la polaridad del disolvente facilita su desplazamiento en la placa (UAM, 2020).

- **Procedimiento**

En una placa de CCF, se deposita una pequeña cantidad de la muestra problema en disolución, en un punto en la parte inferior de la placa (Universidad de Barcelona, 2019).

Entonces, la placa se introduce en una cámara cromatográfica, de forma que sólo la parte inferior de la placa queda sumergida en el líquido. Este eluyente es la fase móvil y asciende por la placa de CCF por capilaridad (Universidad de Barcelona, 2019).

A medida que el eluyente pasa por el lugar donde está la mancha de la mezcla problema, se establece un equilibrio entre las moléculas de cada uno de los componentes en la mezcla que son adsorbidas y las que se encuentran en disolución (Universidad de Barcelona, 2019).

En principio, los componentes se diferenciarán en solubilidad y en la fuerza de su adsorción, de forma que unos componentes se desplazarán más que otros (Universidad de Barcelona, 2019).

Cuando el eluyente llega a la parte superior de la placa, esta se saca de la cámara, se seca, y los componentes separados de la mezcla se visualizan (Universidad de Barcelona, 2019).

- **Revelado de placas**

La mayor parte de las placas de cromatografía se llevan un indicador fluorescente que permite la visualización de los compuestos activos a la luz ultravioleta (254 nm) (UAM, 2020).

El indicador absorbe la luz UV y emite luz visible. La presencia de un compuesto activo en el UV evita que el indicador absorba la luz en la zona en la que se encuentra el producto, y el resultado es la visualización de una mancha en la placa que indica la presencia de un compuesto (UAM, 2020).

En el caso de compuestos que no absorben luz UV, la visualización del cromatograma requiere utilizar un agente revelador. Este tiene que reaccionar con los productos adsorbidos proporcionando compuestos coloreados (Merck, 2023).

Cuantificación de fenoles por el método de Folin – Ciocalteu

- **Definición**

El test de Folin-Ciocalteu se fundamenta en la reducción del reactivo de Folin-Ciocalteu con compuestos fenólicos en estado alcalino (Munteanu & Apetrei, 2021).

- **Reactivo de Folin – Ciocalteu**

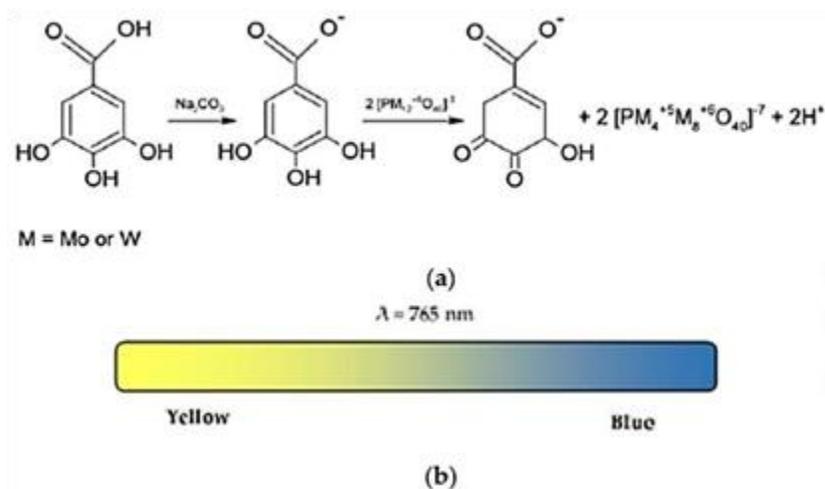
La naturaleza química exacta del reactivo de Folin-Ciocalteu no está claramente definida, pero se cree que puede contener un complejo de ácido fosfomolibdico/fosfotúngstico que se reducen para obtener un cromóforo azul con la máxima absorción a 765 nm (Fig. 17) (Magalhaes, Segundo, Reis, & Lima, 2018; Munteanu & Apetrei, 2021).

El ion central de molibdeno en el complejo se acepta como un sitio reductor, donde el ion Mo^{6+} se reduce a Mo^{5+} al aceptar un electrón donado por el antioxidante fenólico (Túmulos, Jameson, & Pope, 2015; Munteanu & Apetrei, 2021).

Los derivados aniónicos de los ácidos fosfotúngstico y fosfomolibdico tienen una estructura α -Keggin y el complejo azul tiene una estructura de rueda grande Mo_{154} , del tipo clúster (Fig. 18) (Túmulos, Jameson, & Pope, 2015; Munteanu & Apetrei, 2021).

Figura 17

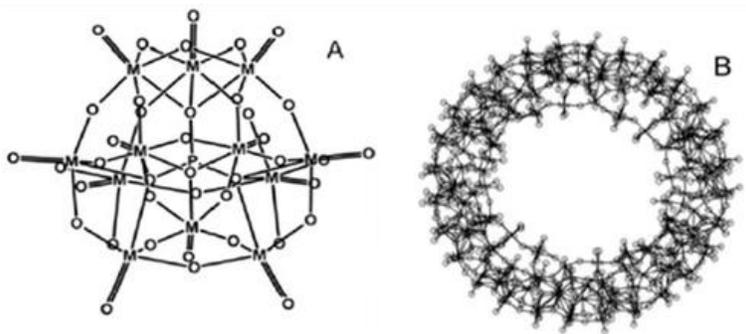
Reacción entre los compuestos fenólicos y los derivados de los ácidos fosfotúngstico y fosfomolibdico en medio alcalino, a) resultado en la formación de un color azul por el método dw Folin-Ciocalteu, b) Variación de color observada en el ensayo



Nota: Tomado de Munteanu & Apetrei (2021)

Figura 18

a) La estructura α -Keggin del derivado aniónico $[PM_{12}O_{40}]^{3-}$, donde M representa molibdeno (Mo) o tungsteno (W), b) la estructura de rueda grande del complejo azul $[Mo_{126}^{6+}Mo_{28}^{5+}O_{462}H_{14}(H_2O)]_{70}^{14-}$



Nota: Tomado de Munteanu & Apetrei (2021)

- **Fundamento**

Esta técnica se basa en la capacidad de los fenoles para reaccionar con agentes oxidantes. El reactivo de Folin-Ciocalteu contiene molibdato y tungstato sódico, que reaccionan con cualquier tipo de fenol, formando complejos fosfomolibdico-fosfotúngstico. La transferencia de electrones a pH básico reduce los complejos fosfomolibdico-fosfotúngstico en óxidos, cromógenos de color azul intenso, de tungsteno (W_8O_{23}) y molibdeno (Mo_8O_{23}) siendo proporcional este color al número de grupos hidroxilo de la molécula.

Capítulo III: Metodología

Obtención de la muestra de *Cinnamomum verum* (J.Presl)

Las muestras de *Cinnamomum verum* (J.Presl) fueron adquiridas en la ciudad de Quito – Ecuador; bajo la denominación de canela en ramas.

Adquisición de Material Vegetal

Tanto las semillas de *Raphanus sativus* (Linneo), *Lactuca sativa* (Linneo) y *Cynodon dactylon* (Persoon) se obtuvieron de una tienda agrícola de la empresa Agripac ubicada en la ciudad de Quito. Todas las semillas contaban con certificación, esto asevera la calidad y pureza de las variedades utilizadas.

Tratamiento de la muestra de *Cinnamomum verum* (J.Presl)

Se trocearon manualmente las ramas de *Cinnamomum verum* (J.Presl) hasta obtener trozos más pequeños que quepan dentro de la cámara de molienda.

Se pulverizó la corteza de canela *Cinnamomum verum* (J.Presl), en un Molino de café casero (NIMA NM-8300), hasta obtener un polvo fino y posteriormente fue tamizado para ser almacenado en un lugar seco, a condiciones ambientales, en un recipiente de color ámbar hasta su uso.

Obtención del extracto etanólico de *Cinnamomum verum* (J.Presl)

Se pesó en una Balanza Analítica (RADWAG®) 10 g de muestra y se introdujo en un cartucho de papel filtro. Se ensambló el equipo de extracción Soxhlet. En la cámara de extracción, se colocó el cartucho con la muestra y se vertió aproximadamente 250 mL de etanol absoluto, hasta que cubrió la muestra por completo. Se dejó macerar durante 24 h a condiciones ambientales. Y después, se realizó una extracción en caliente por 2 h (Fig. 19). Este proceso se hizo por triplicado.

Figura 19

Extracción Soxhlet después de 24 h de maceración



Una vez que pasó este tiempo, se obtuvo un extracto (Fig. 20). Se dejó enfriar el balón aproximadamente 15 minutos, y luego se lo colocó en el Rotavapor R-215 (BUCHI®). Para esto, se calentó el Baño María a 45 °C. Se colocó las condiciones de trabajo (150 rpm y 84 milibar) para la extracción del solvente (Fig. 21). Una vez finalizado, se obtuvo una pasta viscosa de color café rojizo o el extracto concentrado. Este proceso se lo realizó por triplicado. La cantidad de extracto resultante se obtuvo por diferencia de pesos entre el balón vacío y el balón con extracto concentrado (Fórmula 2). Se utilizó la fórmula 3 para obtener el porcentaje de rendimiento del extracto de *Cinnamomum verum* (J.Presl).

El extracto concentrado, se almacenó en un recipiente, protegiéndolo de la luz, y se dejó en refrigeración, hasta su posterior uso.

Fórmula 2

Ecuación para la determinación del peso del extracto concentrado de Cinnamomum verum (J.Presl)

$$\text{Peso del extracto} = \text{Peso}_{\text{Balón con extracto}} - \text{Peso}_{\text{Balón vacío}}$$

Fórmula 3

Ecuación para la determinación del porcentaje de rendimiento de la extracción Soxhlet de Cinnamomum verum (J.Presl)

$$\% \text{Rendimiento} = \frac{\text{Peso del extracto}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

Figura 20

Extracto obtenido de Cinnamomum verum (J.Presl) diluido en solvente.



Figura 21

Concentración del extracto diluido de Cinnamomum verum (J.Presl) en el Rotavapor.

**Preparación de la solución madre del extracto de *Cinnamomum verum* (J.Presl)**

Se pesó aproximadamente 1 g de extracto y se disolvió en agua destilada adicionando DMSO y Tween 20 hasta la completa dilución del extracto. Finalmente, se aforó a 1 L con agua destilada.

Se colocó en refrigeración en el mismo recipiente, protegiéndola de la luz, hasta su uso.

Identificación de la composición del extracto de *Cinnamomum verum* (J.Presl) mediante reacciones de coloración

Para estas pruebas, se usaron 5 mL de la solución madre de extracto de *Cinnamomum verum* (J.Presl) en distintos tubos de ensayo de vidrio.

En cada tubo de ensayo, se adicionaron tres a cuatro gotas de los siguientes reactivos; Lucas para alcoholes, Brady para aldehídos y cetonas, Permanganato de potasio para insaturaciones y Tollens para aldehídos.

Caracterización de la composición química del extracto de *Cinnamomum verum* (J.Presl) por cromatografía en capa fina

Se utilizó como fase estacionaria gel de sílice tipo G con indicador fluorescente.

Se trazó con lápiz, sobre la placa de gel de sílice, una línea horizontal a 2 cm del borde inferior y se dividió en 4 partes.

Con un tubo capilar, se colocaron 10 gotas de extracto de *Cinnamomum verum* (J.Presl) en cada sección dividida de la placa.

La fase móvil, constituida de una mezcla de tolueno y acetato de etilo [93:7], se colocó en la cámara de cromatografía para saturarla por 15 min, antes de introducir la fase estacionaria con la muestra aplicada cada 2 cm.

Se esperó la migración de la fase móvil hasta que el solvente alcance 1 cm antes del borde superior de la placa.

Se retiró y se dejó secar dentro de una cámara de extracción de gases.

Una vez secas las placas, se reveló con una solución de anisaldehído sulfúrico (50 uL de anisaldehído con 1 mL de ácido acético glacial; 8,5 mL de metanol y 0,5 mL de ácido sulfúrico).

Luego del rociado de las placas, se las llevó a 100 °C durante 5 min y se señalaron las manchas visibles.

Se calculó el factor de retardo R_f , utilizando la fórmula 1.

Cuantificación de fenoles por el método de Folin-Ciocalteu

- **Preparación de reactivos**

Los fenoles totales se determinan mediante el método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu usando el ácido gálico como material de referencia, descrito por Gutiérrez, Ortiz, & Mendoza (2008), con algunas modificaciones

➤ **Preparación de la solución patrón de Ácido Gálico**

Se preparó una disolución patrón de ácido gálico de 1000 mg/L, para esto se pesó 0,1 mg de ácido gálico; a éste se lo disolvió con 10 mL de etanol absoluto y luego se colocó esta primera dilución, en un matraz aforado de 100 mL y se llevó al volumen con agua destilada.

➤ **Preparación de la solución de Bicarbonato de Sodio**

Se preparó una disolución de bicarbonato de sodio al 10 % pesando 10 g de bicarbonato de sodio en un vaso de precipitación, con un volumen inicial de agua destilada de 50 mL. Finalmente se aforó con agua destilada en un balón de 100 mL.

➤ **Preparación de la solución de Folin – Ciocalteu**

Se tomó 10 mL de la solución comercial de Folin Ciocalteu y se aforó en un balón de 100 mL con agua destilada. La solución se protegió de la luz.

• **Elaboración de la curva de calibración**

A partir de la disolución patrón de ácido gálico de 1000 mg/L, en balones de aforo de 25 mL, se prepararon las diluciones necesarias con agua destilada para obtener las siguientes concentraciones (Tabla 3):

Tabla 3

Concentración de las diluciones obtenidas a partir de la solución patrón con Ácido Gálico

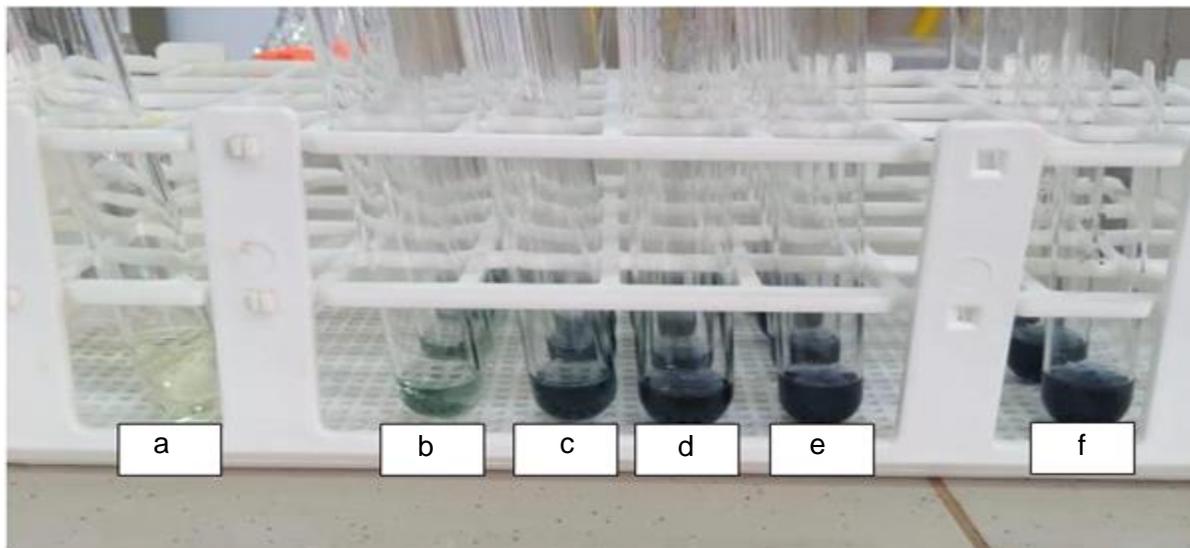
Ensayo	Volumen de la solución patrón de Ácido Gálico (μL)	Concentración de las diluciones (mg/L)
D ₁	250	10

Ensayo	Volumen de la solución patron de Ácido Gálico (μL)	Concentración de las diluciones (mg/L)
D₂	750	30
D₃	1250	50
D₄	1750	70
D₅	2250	90

Luego se dispuso 0,5 mL de cada dilución en distintos tubos de ensayo (4 para cada dilución). Se adicionó a cada tubo 250 μL de la solución de bicarbonato de sodio al 10%. Después, se colocó 250 μL de reactivo de Folin - Ciocalteu 2 N en cada uno de ellos y se agitó manualmente durante 5 segundos. Se completó a 2 mL en cada tubo, con agua destilada (Fig. 22).

Figura 22

Diluciones para la cuantificación de fenoles por el método de Folin – Ciocalteu a) Control, b) Dilución de 10 mg/L, c) Dilución de 30 mg/L, d) Dilución de 50 mg/L, e) Dilución de 70 mg/L, f) Dilución de 90 mg/L



Finalmente, los tubos de ensayo se llevaron a baño María a 45 °C durante 15 minutos.

También se preparó un blanco con todos los componentes excepto la disolución de ácido gálico, para esto se colocaron 1,5 mL de agua destilada, 50 µL de la solución de bicarbonato de sodio al 10 % y 250 µL de reactivo de Folin Ciocalteu 2 N.

Finalmente se leyó la absorbancia a 765 nm en el espectrómetro UV- VIS.

- **Determinación del contenido de fenoles totales en el extracto de *Cinnamomum verum* (J.Presl)**

Se colocaron en 4 tubos de ensayo 0,5 mL de la solución madre de extracto de canela.

Luego se adicionó a cada tubo, 250 μ L de la solución de bicarbonato de sodio al 10 %; 250 μ L de reactivo de Folin Ciocalteu 2N y 1 mL de agua destilada hasta tener un volumen total de 2 mL (Fig. 23).

Figura 23

Diluciones para la cuantificación de fenoles en el extracto de Cinnamomum verum (J.Presl) por método de Folin – Ciocalteu



Luego, se llevaron los tubos de ensayo a baño María a 45°C durante 15 minutos. Finalmente se leyó la absorbancia a 765 nm en el espectrómetro de UV-VIS.

Evaluación del efecto alelopático en semillas de *Lactuca sativa* (Linneo), *Raphanus sativus* (Linneo) y *Cynodon dactylon* (Persoon)

- **Preparación de las semillas**

Se seleccionó una cantidad de semillas acorde a la siembra a realizar.

Se las colocó en una caja Petri con etanol al 70 % durante un minuto.

Transcurrido este tiempo, se realizó tres enjuagues con agua destilada y luego se las extendió en un papel filtro para que se secaran.

- **Preparación de las diluciones a partir de la solución madre del extracto de *Cinnamomum verum* (J.Presl)**

A partir de la solución madre previamente elaborada, utilizando la fórmula 4, se prepararon 4 diluciones en balones de aforo de 250 mL (Fig. 24), el detalle en la Tabla 4.

El control consistió en una solución de agua con las mismas proporciones de Tween 20 y DMSO utilizadas para la solución madre.

Fórmula 4

Ecuación para el cálculo de la concentración de las diluciones de extracto de Cinnamomum verum (J.Presl)

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

Donde:

C₁: Concentración de la dilución del extracto de Cinnamomum verum (J. Presl)

C₂: Concentración de la solución madre de Cinnamomum verum (J. Presl)

V₁: Volumen total a preparar

V₂: Volumen de solución madre para cada dilución

Tabla 4

Concentración de las diluciones preparadas a partir de la solución madre del extracto de Cinnamomum verum (J. Presl)

Ensayo	Volumen de solución madre (mL)	Concentración de la dilución (mg/L)
D ₁	10	27,79

Ensayo	Volumen de solución madre (mL)	Concentración de la dilución (mg/L)
D ₂	20	55,58
D ₃	30	83,38
D ₄	40	111,17

Figura 24

Diluciones preparadas a partir del extracto de Cinnamomum verum (J.Presl)



- **Evaluación de la germinación de las semillas y determinación de la longitud y grosor de raíz, tallo y hojas**

Se utilizaron cajas Petri que contenían dos discos de papel filtro humedecidos con 5 mL de etanol al 70 %, que se dejó evaporar.

Una vez evaporado el solvente, se colocaron 15 semillas de *Lactuca sativa* (Linneo), *Raphanus sativus* (Linneo) y *Cynodon dactylon* (Persoon) en cada caja.

Los discos se humedecieron con 5 mL de las diferentes diluciones del extracto. También se preparó un control para cada ensayo, que no contenía el extracto.

Finalmente, las cajas se cerraron con Parafilm y se mantuvieron a condiciones ambientales y en oscuridad.

Cada ensayo se realizó por cuadruplicado y tanto el conteo del número de semillas germinadas, número de raíces secundarias y número de hojas; como la medición de la longitud y grosor de las raíces y tallos, se realizaron a los 17 días de haber iniciado el ensayo. Sin embargo, las cajas Petri se observaron diariamente y se reportó los cambios producidos.

Para medir la longitud de las raíces y tallos de las distintas plantas germinadas, se usó una regla graduada en centímetros.

Para medir el grosor de las raíces y tallos de las mismas, se utilizó un calibre graduado en milímetros.

Diseño Experimental

Se realizó la prueba de rangos múltiples de Duncan como diseño experimental para los resultados obtenidos del efecto alelopático en ensayos con semillas de *Lactuca sativa* (Linneo), *Raphanus sativus* (Linneo) y *Cynodon dactylon* (Persoon), con el objetivo de determinar la existencia de diferencias significativas en el desarrollo de éstas.

Las variables para analizar son el número de raíces secundarias, la longitud y grosor de raíz, tallo, y el número de hojas de las semillas antes mencionadas, en el período de tiempo establecido anteriormente.

Para esta prueba, se consideró un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$ para minimizar la tasa de error.

Este análisis fue realizado con el software INFOSTAT®.

Capítulo IV: Resultados

Obtención del extracto de *Cinnamomum verum* (J.Presl) con Soxhlet

El extracto de canela se filtró y concentró a 45°C, 150 rpm y 84 milibar en el Rotavapor R-215 (BUCHI®), obteniendo una oleoresina de color marrón rojizo de consistencia viscosa, con un aroma fuerte característico de la canela *Cinnamomum verum* (J.Presl).

Rendimiento de la extracción de *Cinnamomum verum* (J.Presl) con Soxhlet

El rendimiento obtenido se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5

Rendimiento de la extracción de Cinnamomum verum (J. Presl) por Soxhlet

Repetición	Peso del balón vacío (g)	Peso del balón con extracto (g)	Peso del extracto (g)	Peso de la muestra (g)	Porcentaje de Rendimiento
1	191,6051	193,1659	1,5608	10	15,61%
2	184,2340	185,7896	1,5556		15,57%
3	184,2750	185,8358	1,5608		15,61%
Promedio	186,704	188,264	1,559		15,60%

Identificación de la composición del extracto de *Cinnamomum verum* (J.Presl) mediante reacciones de coloración

Los resultados se detallan en la Tabla 6.

Tabla 6

Resultados de la identificación de compuestos del extracto de Cinnamomum verum (J. Presl) por reacciones de coloración

Reacción	Resultado en el extracto de <i>Cinnamomum verum</i> (J.Presl)	Observaciones	Evidencia fotográfica
Baeyer	+++	Hay cambio de coloración con presencia de precipitado	
Tollens	++	Presencia de precipitado (espejo de plata)	
Brady	+++	Formación de un precipitado naranja	

Reacción	Resultado en el extracto de <i>Cinnamomum verum</i> (J.Presl)	Observaciones	Evidencia fotográfica
Lucas	-	No se observan cambios	

Caracterización de la composición química del extracto de *Cinnamomum verum* (J.Presl) por cromatografía en capa fina

Para los resultados del factor de retardo, se utilizó la fórmula 1. El detalle en la Tabla 7.

Tabla 7

Factores de retardo experimentales y teóricos de la cromatografía en capa fina del extracto de Cinnamomum verum (J.Presl)

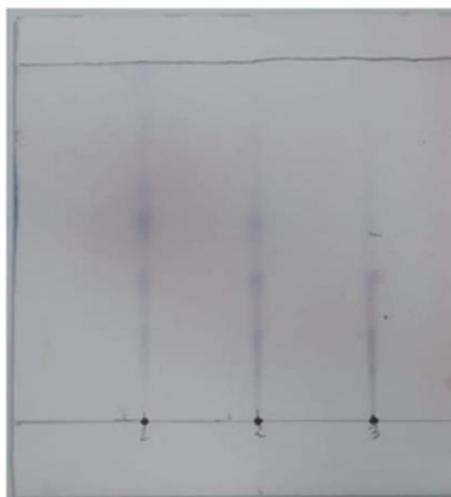
Factor de Retardo (R_f)			Componente
Experimental	Teórico (Wagner & Bladt, 2001)		
0,13	0,05 – 0,1		Ácido Cinámico
0,23	~ 0,25		α - terpineno
			Cinamato de cinamilo

Factor de Retardo (R_f)			Componente
Experimental	Teórico (Wagner & Blatt, 2001)		
0,40	~ 0,4	Linalol	
0,56	~ 0,5	Cinamaldehído	
0,63	~ 0,65	Éster de Linalol	

El resultado cromatográfico se indica en la Fig. 25.

Figura 25

Cromatografía en placa de sílica gel del extracto de Cinnamomum verum (J.Presl)

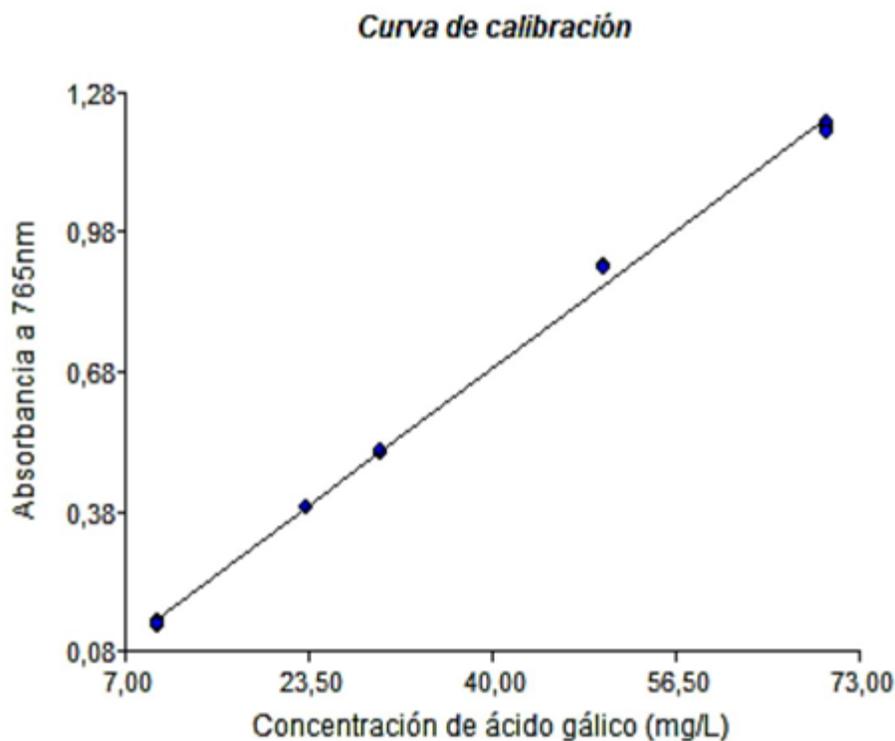


Cuantificación del contenido de fenoles del extracto de *Cinnamomum verum* (J.Presl) por el método de Folin – Ciocalteu

En la Fig. 26 se muestra la curva de calibración y la absorbancia del extracto de *Cinnamomum verum* (J.Presl).

Figura 26

Curva de calibración y absorbancia del extracto de *Cinnamomum verum* (J.Presl)



El contenido de fenoles de cada extracto es expresado en mg/g de peso seco de la muestra (Fórmula 5), basándose en la curva de calibración del material de referencia de ácido gálico y se reporta en función de éste.

Fórmula 5

Ecuación para la conversión de la absorbancia del extracto de *Cinnamomum verum* (J.Presl) en función de la concentración de Ácido Gálico (mg/L)

$$23,542 \frac{\text{mg} - \text{EAG}}{1\text{L}} \times \frac{1\text{L}}{694,8 \text{ mg} - \text{MS}} = 0,034 \frac{\text{mg} - \text{EAG}}{\text{mg} - \text{MS}} \times \frac{1 \text{ mg} - \text{MS}}{1000\text{g} - \text{MS}} = 3,4 \times 10^{-5} \frac{\text{mg} - \text{EAG}}{\text{g d} - \text{MS}}$$

El contenido de fenoles del extracto de *Cinnamomum verum* (J.Presl) obtenido es de $3,4 \times 10^{-5}$ miligramos equivalentes a ácido gálico por gramos de muestra seca.

Efecto alelopático del extracto de *Cinnamomum verum* (J.Presl) en el número de raíces secundarias, longitud y grosor de las raíces, tallos, y número de hojas de *Lactuca sativa* (Linneo), *Raphanus sativus* (Linneo) y *Cynodon dactylon* (Persoon)

Los resultados obtenidos en cada ensayo se resumen en las Tablas 8, 9 y 10.

Tabla 8

Resultados de la germinación de Lactuca sativa (Linneo), con varias diluciones del extracto de Cinnamomum verum (J.Presl)

RESUMEN DATOS	Control	D₁	D₂	D₃	D₄
Número de raíces secundarias	2,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Longitud de la raíz (cm)	1,61	3,61	3,62	2,61	2,61
Grosor de la raíz (mm)	0,10	0,70	0,70	0,50	0,50
Longitud del tallo (cm)	2,62	4,63	4,62	3,62	3,62
Grosor del tallo (mm)	0,50	1,00	1,00	0,80	0,80
Número de hojas	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00

Tabla 9

Resultados de la germinación de Raphanus sativus (Linneo), con varias diluciones del extracto de Cinnamomum verum (J.Presl)

RESUMEN DATOS	Control	D₁	D₂	D₃	D₄
Número de raíces secundarias	5,00	9,00	9,00	9,00	9,00
Longitud de la raíz (cm)	5,67	12,33	12,33	12,34	10,30
Grosor de la raíz (mm)	0,10	0,90	0,90	0,90	0,70
Longitud del tallo (cm)	2,55	7,24	7,24	7,24	5,25
Grosor del tallo (mm)	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Número de hojas	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00

Tabla 10

Resultados de la germinación de Cynodon dactylon (Persoon), con varias diluciones del extracto de Cinnamomum verum (J.Presl)

RESUMEN DATOS	Control	D₁	D₂	D₃	D₄
Número de raíces	4,00	5,00	5,00	5,00	5,00

RESUMEN DATOS	Control	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
secundarias					
Longitud de la raíz (cm)	2,46	12,01	12,02	10,02	10,02
Grosor de la raíz (mm)	0,10	0,50	0,50	0,30	0,30
Longitud del tallo (cm)	2,46	4,62	4,62	3,62	3,61
Grosor del tallo (mm)	0,50	0,90	0,90	0,70	0,70
Número de hojas	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

En las Fig. 27, 28 y 29 se describe el efecto alelopático de las diluciones del extracto de *Cinnamomum verum* (J.Presl.) en semillas de *Lactuca sativa* (Linneo), *Raphanus sativus* (Linneo) y *Cynodon dactylon* (Persoon) hasta 17 días de crecimiento.

Figura 27

Efecto alelopático de las diluciones del extracto de Cinnamomum verum (J.Presl) en semillas de *Lactuca sativa* (Linneo) hasta 17 días de crecimiento. a) Control, b) Dilución de 27,79 mg/L, c) Dilución de 55,58 mg/L, d) Dilución de 83,38 mg/L, e) Dilución de 111,17 mg/L

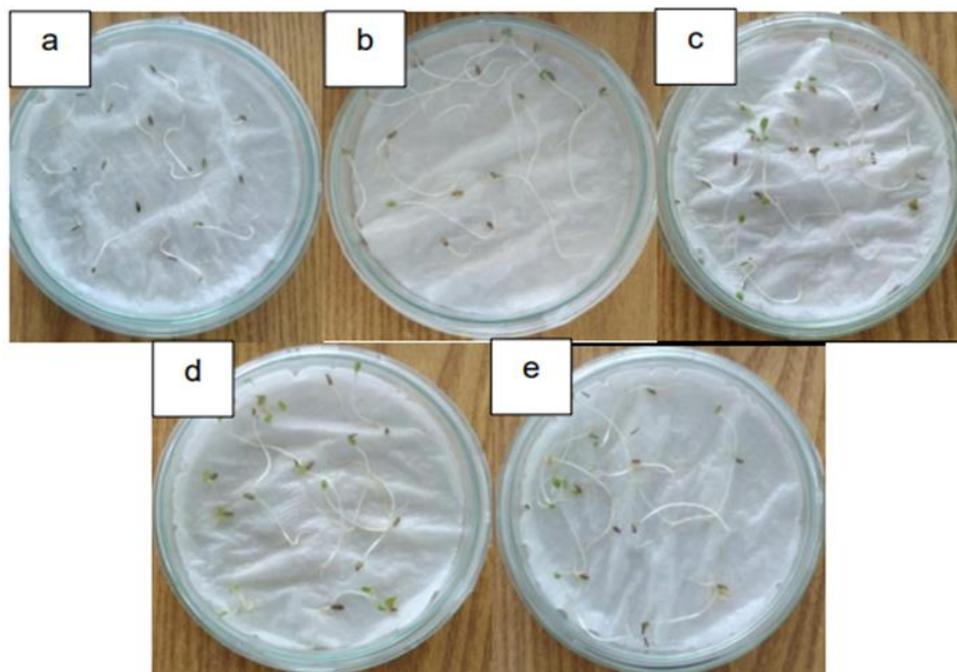


Figura 28

Efecto alelopático de las diluciones del extracto de Cinnamomum verum (J.Presl.) en semillas de Raphanus sativus (Linneo) hasta 17 días de crecimiento. a) Control, b) Dilución de 27,79 mg/L, c) Dilución de 55,58 mg/L, d) Dilución de 83,38 mg/L, e) Dilución de 111,17 mg/L

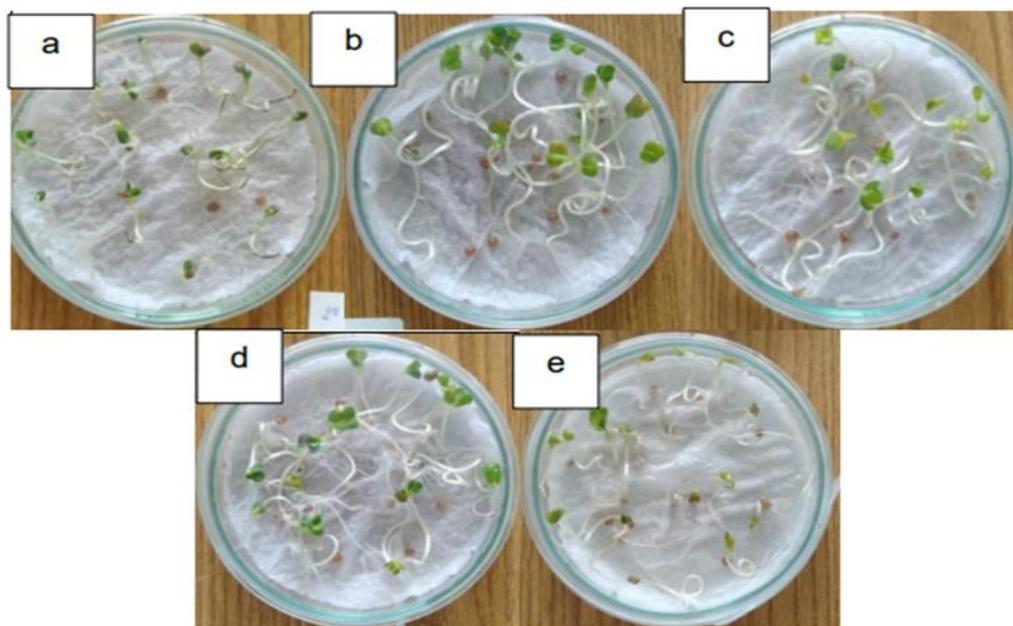
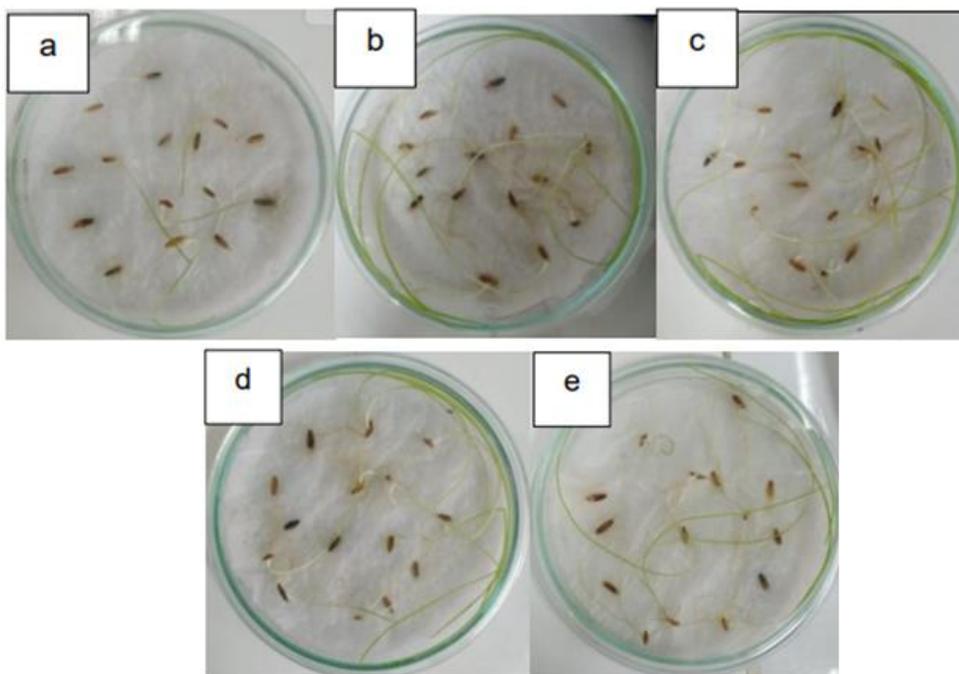


Figura 29

Efecto alelopático de las distintas diluciones del extracto de Cinnamomum verum (J.Presl.) en semillas de Cynodon dactylon (Persoon) hasta 17 días de crecimiento. a) Control, b) Dilución de 27,79 mg/L, c) Dilución de 55,58 mg/L, d) Dilución de 83,38 mg/L, e) Dilución de 111,17 mg/L



Descripción del método para el análisis estadístico del efecto alelopático del extracto de *Cinnamomum verum* (J.Presl) sobre el número de raíces secundarias, longitud y grosor de las raíces, tallos, y número de hojas de *Lactuca sativa* (Linneo), *Raphanus sativus* (Linneo) y *Cynodon dactylon* (Persoon)

Mediante el análisis estadístico se obtiene el valor-p del método (el valor de p tiene relación con la fiabilidad del estudio, cuyo resultado será más fiable cuanto menor sea la p); que indica la probabilidad de que los tratamientos sean diferentes, si este valor es mayor al alfa establecido ($p > 0.05$) significa que, la hipótesis nula es verdadera, por ende, no hay efecto

alelopático. Por el contrario, si $p < 0.05$, la hipótesis nula es falsa, entonces, si existe efecto alelopático.

Al aplicar el método Duncan, se aprecia la variable con mayor diferencia significativa; en el análisis con Infostat se refleja con la posición de letras en orden alfabético. La variable que cuente con mayor rango de letra y esté sola, indica que su media es mayor que todas las anteriores.

Análisis estadístico del efecto alelopático del extracto de *Cinnamomum verum* (J.Presl) sobre las plántulas de *Lactuca sativa* (Linneo)

Número de raíces secundarias

En la Tabla 11 se detallan los resultados del efecto alelopático respecto al número de raíces secundarias. En la Fig. 30 se aprecian las diferencias entre los tratamientos.

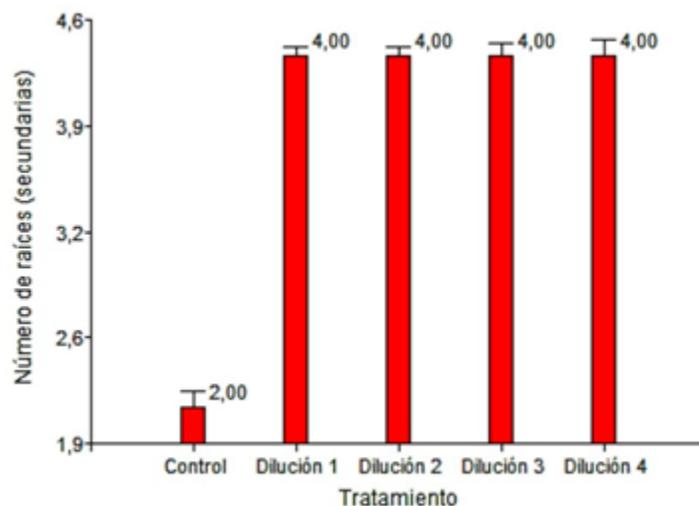
Tabla 11

*Número de raíces secundarias de plántulas de *Lactuca sativa* (Linneo) en cada tratamiento*

Tratamiento	Promedio del número de raíces secundarias	Muestras analizadas (n)	Diferencia significativa
Control	2,00	60	B
D ₁	4,00	60	A
D ₂	4,00	60	A
D ₃	4,00	60	A
D ₄	4,00	60	A

Figura 30

Gráfico comparativo entre tratamientos respecto al número de raíces secundarias de plántulas de *Lactuca sativa* (Linneo)



En el análisis de varianza se obtuvo un valor-p de 0,0001 inferior al establecido de 0,05; lo que significa que si hay un efecto alelopático sobre el número de raíces secundarias en los cuatro tratamientos con diferente concentración respecto al control.

Sin embargo, no existen diferencias significativas entre los tratamientos a distinta concentración.

Longitud de las raíces

En la Tabla 12 se puntualizan los resultados del efecto alelopático respecto a la longitud de las raíces. En la Fig. 31 se consideran las variaciones entre los tratamientos.

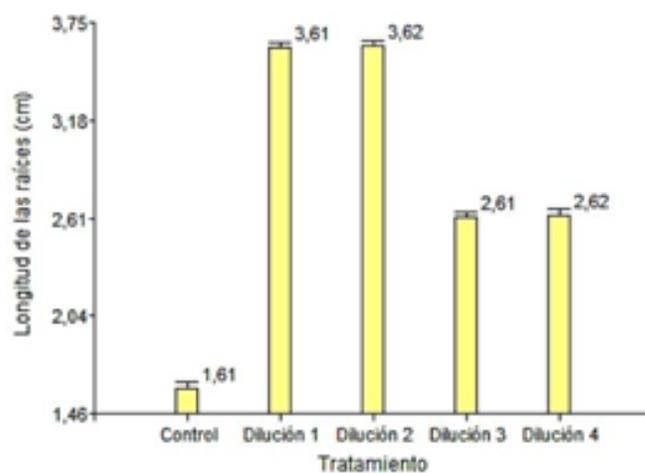
Tabla 12

Longitud de las raíces de plántulas de Lactuca sativa (Linneo) en cada tratamiento.

Tratamiento	Promedio de la longitud de raíces (cm)	Muestras analizadas (n)	Diferencia significativa
Control	1,61	60	C
D ₁	3,61	60	A
D ₂	3,62	60	A
D ₃	2,61	60	B
D ₄	2,62	60	B

Figura 31

Gráfico comparativo entre tratamientos respecto a la longitud de las raíces de plántulas de Lactuca sativa (Linneo)



El análisis de varianza arrojó un valor-p de 0,0001; cifra menor a la establecida de 0,05; lo que señala que si existe efecto alelopático sobre la longitud de las raíces en los cuatro

tratamientos de concentraciones diferentes respecto al control. Aunque, para el caso de las diluciones 1 y 2 hay una diferencia importante respecto a los ensayos subsiguientes, lo que indica que los mejores tratamientos pertenecen a las aplicaciones de los ensayos con concentraciones de extracto de 27,79 y 55,58 mg/L.

Grosor de las raíces

En la Tabla 13 se representan los resultados del efecto alelopático respecto al grosor de raíces. En la Fig. 32 se visualizan las diferencias entre tratamientos.

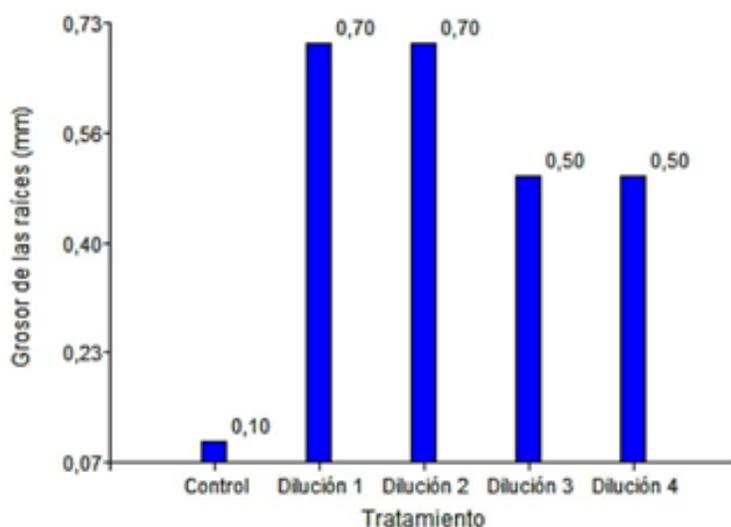
Tabla 13

Grosor de raíces de plántulas de Lactuca sativa (Linneo) en cada tratamiento

Tratamiento	Promedio del grosor de las raíces (mm)	Muestras analizadas (n)	Diferencia significativa
Control	0,10	60	C
D ₁	0,70	60	A
D ₂	0,70	60	A
D ₃	0,50	60	B
D ₄	0,50	60	B

Figura 32

Gráfico comparativo entre tratamientos respecto al grosor de raíces de plántulas de Lactuca sativa (Linneo)



De acuerdo con el análisis de varianza, existe efecto alelopático en el grosor de las raíces en los cuatro ensayos respecto al control (valor- $p=0,00000001$). Sin embargo, se evidencian variantes significativas entre los tratamientos 1 y 2 comparados con los tratamientos 3 y 4, lo que indica que los mejores tratamientos pertenecen a las aplicaciones de las pruebas con concentraciones de extracto de 27,79 y 55,58 mg/L.

Longitud de los tallos

La Tabla 14 describe los resultados del efecto alelopático respecto a la longitud de los tallos. En la Fig. 33 se observan las divergencias entre los tratamientos.

Tabla 14

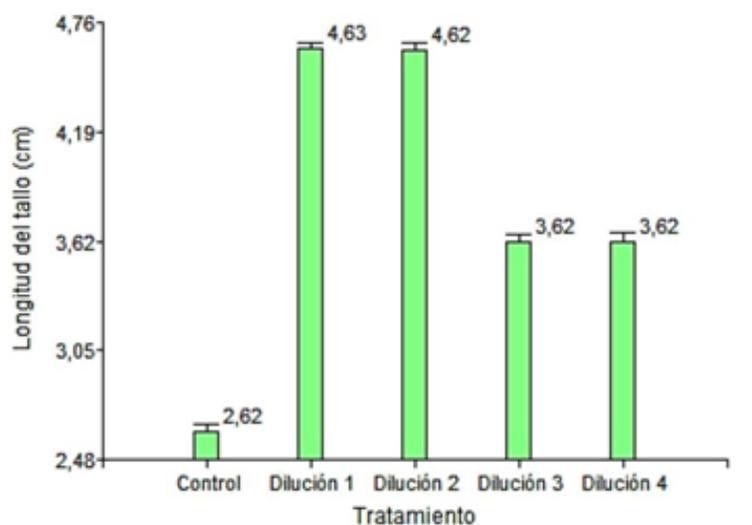
Longitud de tallos de plántulas de Lactuca sativa (Linneo) en cada tratamiento.

Tratamiento	Promedio de la longitud de los tallos (mm)	Muestras analizadas (n)	Diferencia significativa
Control	2,62	60	C

Tratamiento	Promedio de la longitud de los tallos (mm)	Muestras analizadas (n)	Diferencia significativa
D ₁	4,63	60	A
D ₂	4,62	60	A
D ₃	3,62	60	B
D ₄	3,62	60	B

Figura 33

Gráfico comparativo entre tratamientos respecto a la longitud de los tallos de plántulas de *Lactuca sativa* (Linneo)



En base al análisis de varianza, hay evidencia de un efecto alelopático en la longitud de los tallos en los ensayos con diferentes concentraciones, respecto al control (valor-p=0,0001). Aún así, hay desavenencias importantes entre los tratamientos 1 y 2 frente a los tratamientos 3

y 4. Lo que señala que las concentraciones de las dos primeras pruebas, muestran los mejores resultados.

Grosor de los tallos

La Tabla 15 detalla los resultados del efecto alelopático respecto al grosor de los tallos. Las diferencias entre los tratamientos se aprecian en la Fig. 34.

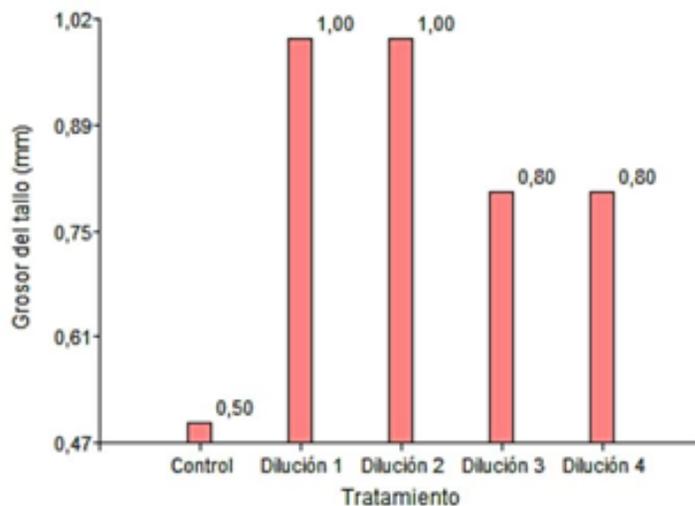
Tabla 15

Grosor de los tallos de plántulas de Lactuca sativa (Linneo) en cada tratamiento.

Tratamiento	Promedio del grosor de los tallos (mm)	Muestras analizadas (n)	Diferencia significativa
Control	0,50	60	C
D ₁	1,00	60	A
D ₂	1,00	60	A
D ₃	0,80	60	B
D ₄	0,80	60	B

Figura 34

Gráfico comparativo entre tratamientos respecto al grosor de los tallos de plántulas de *Lactuca sativa* (Linneo)



Existe efecto alelopático en el grosor de los tallos en los cuatro ensayos con diferente concentración respecto al control, dado que en el análisis de varianza se logró un valor-p de 0,0001 inferior al establecido de $p=0,05$. Pero, hay discrepancias características entre los dos primeros tratamientos después del control comparados con los dos últimos tratamientos, señalando así que los mejores resultados se obtuvieron al aplicar las diluciones con concentraciones de 27,79 y 55,58 mg/L.

Número de hojas

En la Tabla 16 se evidencian los resultados del efecto alelopático respecto al número de hojas. Las diferencias en torno a los tratamientos se visualizan en la Fig. 35..

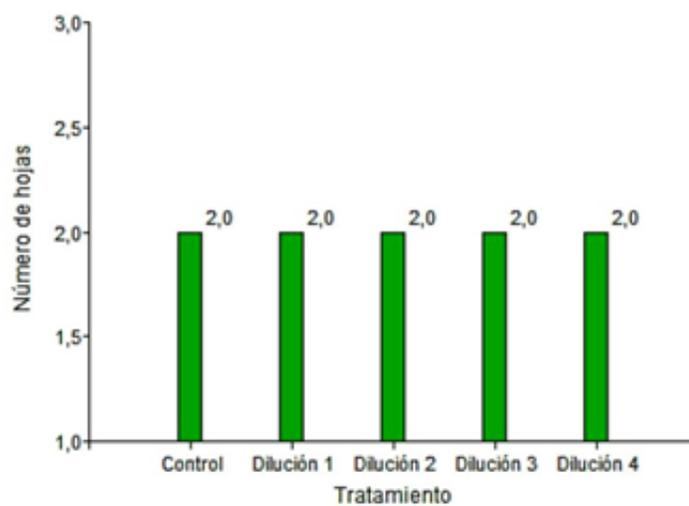
Tabla 16

Número de hojas de plántulas de Lactuca sativa (Linneo) en cada tratamiento.

Tratamiento	Promedio del número de hojas	Muestras analizadas (n)	Diferencia significativa
Control	2	60	A
D ₁	2	60	A
D ₂	2	60	A
D ₃	2	60	A
D ₄	2	60	A

Figura 35

Gráfico comparativo entre tratamientos respecto al número de hojas de plántulas de Lactuca sativa (Linneo)



En el análisis de varianza se obtuvo un valor-p de 0,2520 superior al establecido de $p=0,05$; lo que indica que no hay un efecto alelopático sobre el número de hojas en los cuatro tratamientos con distinta concentración respecto al control.

Análisis estadístico del efecto alelopático del extracto de *Cinnamomum verum* (J.Presl) sobre las plántulas de *Raphanus sativus* (Linneo)

Número de raíces secundarias

La Tabla 17 describe los resultados del efecto alelopático respecto al número de raíces secundarias. Las variantes entre los tratamientos se señalan en la Fig. 36.

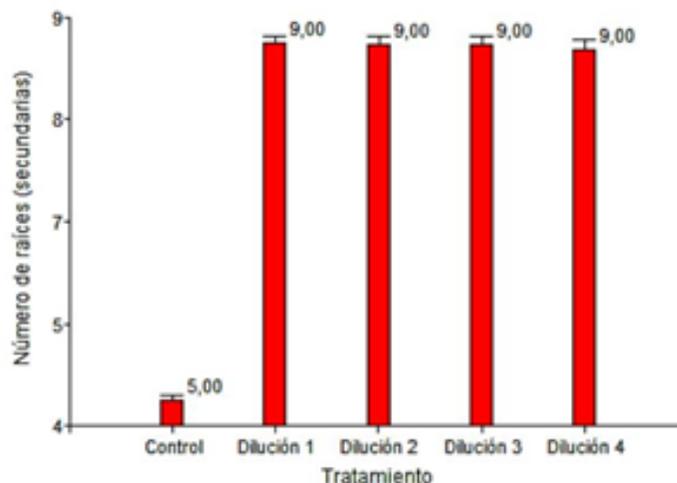
Tabla 17

*Número de raíces secundarias de plántulas de *Raphanus sativus* (Linneo) en cada tratamiento*

Tratamiento	Promedio del número de raíces secundarias	Muestras analizadas (n)	Diferencia significativa
Control	5,00	60	B
D ₁	9,00	60	A
D ₂	9,00	60	A
D ₃	9,00	60	A
D ₄	9,00	60	A

Figura 36

Gráfico comparativo entre tratamientos respecto al número de raíces secundarias de plántulas de *Raphanus sativus* (Linneo)



Existe efecto alelopático en el número de raíces secundarias en los cuatro tratamientos con diferentes concentraciones respecto del control (valor- $p=0,0001$). Por otro lado, no existen disimilitudes importantes entre los ensayos.

Longitud de las raíces

En la Tabla 18 se señalan los resultados del efecto alelopático respecto a la longitud de las raíces. En la Fig. 37 se representan las diferencias entre los tratamientos.

Tabla 18

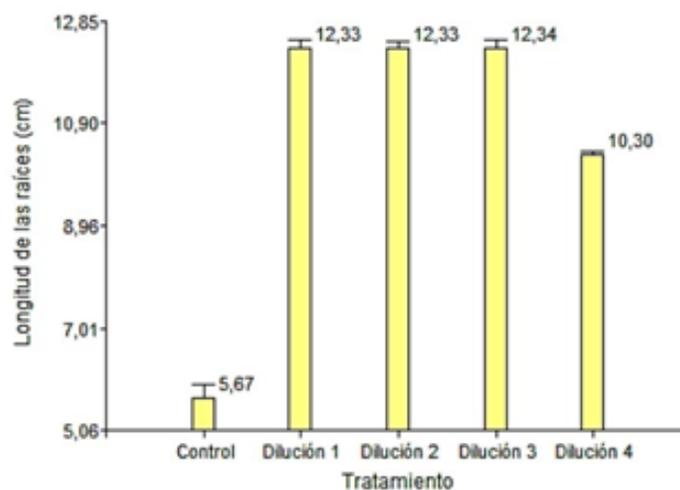
Longitud de las raíces de plántulas de Raphanus sativus (Linneo) en cada tratamiento.

Tratamiento	Promedio de la longitud de raíces (cm)	Muestras analizadas (n)	Diferencia significativa

Tratamiento	Promedio de la longitud de raíces (cm)	Muestras analizadas (n)	Diferencia significativa
Control	5,67	60	C
D ₁	13,33	60	A
D ₂	12,33	60	A
D ₃	12,34	60	A
D ₄	10,30	60	B

Figura 37

Gráfico comparativo entre tratamientos respecto a la longitud de las raíces de plántulas de *Raphanus sativus* (Linneo)



De acuerdo con el análisis de varianza, se obtuvo un valor-p de 0,0001; cantidad inferior a $p=0,05$; lo que indica que si concurre un efecto alelopático sobre la longitud de las raíces en

los cuatro tratamientos con diferente concentración respect al control. Aunque, existen distas significativas entre los primeros tres tratamientos después del control frente al último ensayo, señalando así que los mejores resultados se obtuvieron al aplicar las diluciones con concentraciones de 27,79; 55,58 y 83,38 mg/L.

Grosor de las raíces

La Tabla 19 reporta los resultados del efecto alelopático respecto al grosor de las raíces. Las variaciones entre los tratamientos se visualizan en la Fig. 38.

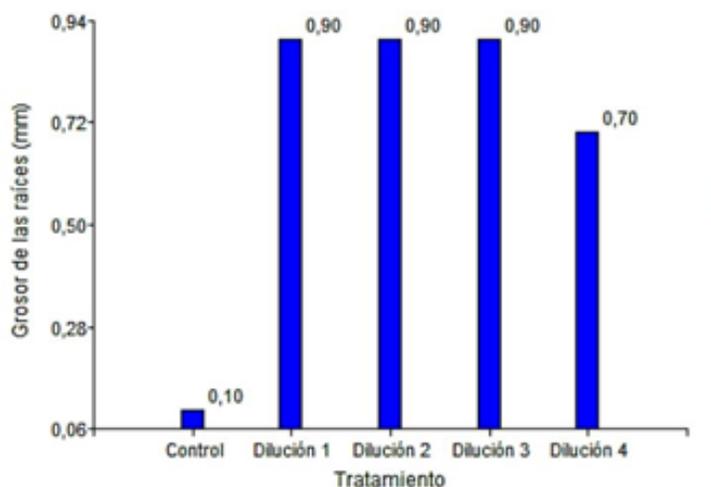
Tabla 19

*Grosor de las raíces de plántulas de *Raphanus sativus* (Linneo) en cada tratamiento.*

Tratamiento	Promedio del grosor de las raíces (mm)	Muestras analizadas (n)	Diferencia significativa
Control	0,10	60	C
D ₁	0,90	60	A
D ₂	0,90	60	A
D ₃	0,90	60	A
D ₄	0,70	60	B

Figura 38

Gráfico comparativo entre tratamientos respecto al grosor de las raíces de plántulas de *Raphanus sativus* (Linneo)



El análisis de varianza arrojó un valor-p de 0,00000001; cantidad numérica muy por debajo de $p=0,05$, lo que señala que existe un efecto alelopático en el grosor de las raíces en los cuatro tratamientos con diferente concentración respecto al control. No obstante, también se evidencian similitudes representativas entre los tratamientos 1, 2 y 3 frente al tratamiento 4. Demostrando así, que los mejores resultados se consiguieron al aplicar las diluciones con concentraciones de 27,79; 55,58 y 83,38 mg/L.

Longitud de los tallos

En la Tabla 20 se reportan los resultados del efecto alelopático respecto a la longitud de los tallos. Los tratamientos y sus diferencias se indican en la Fig. 39.

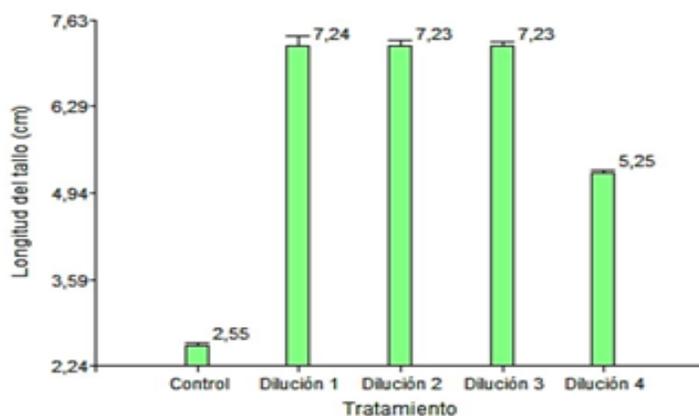
Tabla 20

de los tallos de plántulas de *Raphanus sativus* (Linneo) en cada tratamiento.

Tratamiento	Promedio de la longitud de los tallos (cm)	Muestras analizadas (n)	Diferencia significativa
Control	2,55	60	C
D ₁	7,24	60	A
D ₂	7,24	60	A
D ₃	7,23	60	A
D ₄	5,25	60	B

Figura 39

Gráfico comparativo entre tratamientos respecto a la longitud de los tallos de plántulas de *Raphanus sativus* (Linneo)



Hay un efecto alelopático en la longitud de los tallos en los cuatro tratamientos respecto al control, debido a que en el análisis de varianza se obtuvo un valor de valor-p de 0,0001 inferior a $p=0,05$. Sin embargo, hay variaciones características entre los ensayos 1, 2 y 3 respecto al tratamiento 4. Lo que indica que los resultados más óptimos se lograron con la aplicación de las soluciones con concentraciones de 27,79; 55,58 y 83,38 mg/L.

Grosor de los tallos

Los resultados del efecto alelopático respecto al grosor de los tallos se enuncian en la Tabla 21. Las divergencias entre los tratamientos se aprecian en la Fig. 40.

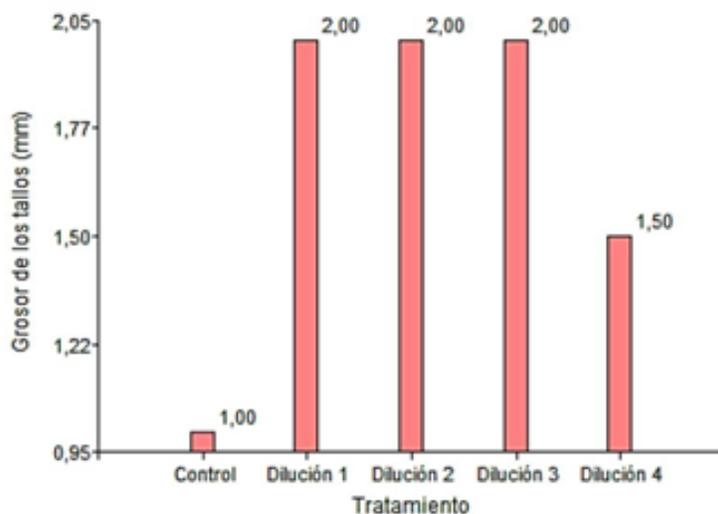
Tabla 21

*Grosor de los tallos de plántulas de *Raphanus sativus* (Linneo) en cada tratamiento.*

Tratamiento	Promedio del grosor de los tallos (mm)	Muestras analizadas (n)	Diferencia significativa
Control	1,00	60	C
D ₁	2,00	60	A
D ₂	2,00	60	A
D ₃	2,00	60	A
D ₄	1,50	60	B

Figura 40

Gráfico comparativo entre tratamientos respecto al grosor de los tallos de plántulas de *Raphanus sativus* (Linneo)



Existe un efecto alelopático sobre el grosor de los tallos en los cuatro tratamientos con diferente concentración respecto al control (valor-p de 0,0001). Pero también, hay distas importantes entre los ensayos de las diluciones de concentraciones de 27,79; 55,58 y 83,38 mg/L frente al cuarto tratamiento con concentración de 111,17 mg/L; exponiendo así, que los resultados inmejorables se alcanzaron con la aplicación de las soluciones con las primeras tres concentraciones antes mencionadas.

Número de hojas

Los resultados del efecto alelopático respecto al número de hojas se reportan en la Tabla 22. En la Fig. 41 se señalan las diferencias entre los tratamientos.

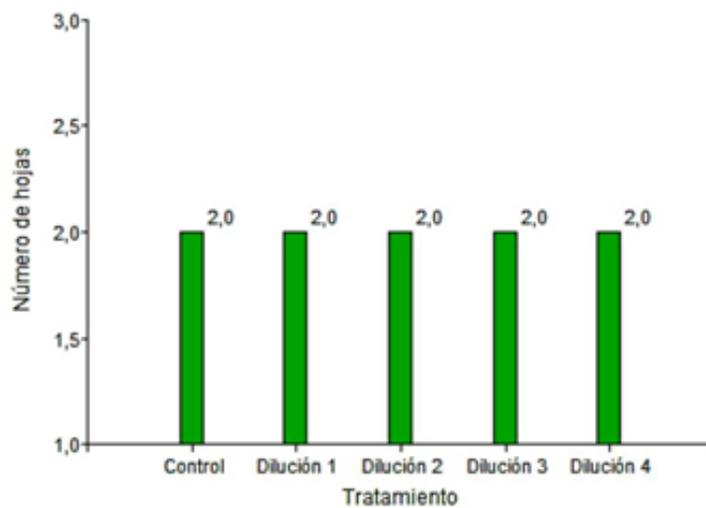
Tabla 22

*Número de hojas de plántulas de *Raphanus sativus* (Linneo) en cada tratamiento.*

Tratamiento	Promedio del número de hojas	Muestras analizadas (n)	Diferencia significativa
Control	2	60	A
D ₁	2	60	A
D ₂	2	60	A
D ₃	2	60	A
D ₄	2	60	A

Figura 41

*Gráfico comparativo entre tratamientos respecto al número de hojas de plántulas de *Raphanus sativus* (Linneo)*



El valor-p de 0,2520 resultante del análisis de varianza es superior a $p=0,05$; lo que indica que no existe un efecto alelopático sobre el número de hojas en los cuatro tratamientos con distinta concentración respecto al control.

Análisis estadístico del efecto alelopático del extracto de *Cinnamomum verum* (J.Presl) sobre las plántulas de *Cynodon dactylon* (Persoon)

Número de raíces secundarias

Los resultados del efecto alelopático respecto al número de raíces secundarias se detallan en la Tabla 23. Las variantes entre tratamientos se muestran en la Fig. 42.

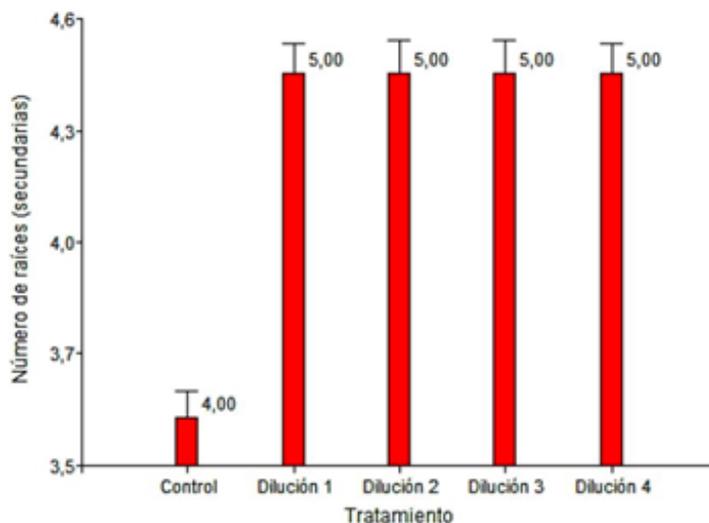
Tabla 23

*Número de raíces secundarias de plántulas de *Cynodon dactylon* (Persoon) en cada tratamiento*

Tratamiento	Promedio del número de raíces secundarias	Muestras analizadas (n)	Diferencia significativa
Control	4,00	60	B
D ₁	5,00	60	A
D ₂	5,00	60	A
D ₃	5,00	60	A
D ₄	5,00	60	A

Figura 42

Gráfico comparativo entre tratamientos respecto al número de raíces secundarias de plántulas de *Cynodon dactylon* (Persoon)



Existe un efecto alelopático sobre el número de raíces secundarias en los cuatro ensayos de diferente concentración respecto al control, dado que en el análisis de varianza se obtuvo un valor-p de 0,0001 inferior a $p=0,05$. Por otro lado, no hay distas importantes entre los tratamientos a distinta concentración.

Longitud de las raíces

El reporte de los resultados del efecto alelopático respecto a la longitud de las raíces está en la Tabla 24. En la Fig. 43 se indican las variías entre los tratamientos.

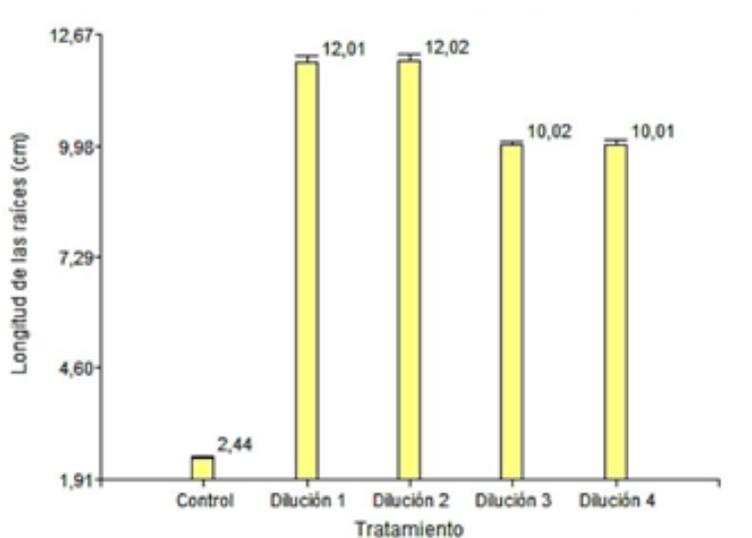
Tabla 24

Longitud de las raíces de plántulas de Cynodon dactylon (Persoon) en cada tratamiento.

Tratamiento	Promedio de la longitud de las raíces (cm)	Muestras analizadas (n)	Diferencia significativa
Control	2,20	60	C
D ₁	12,01	60	A
D ₂	12,02	60	A
D ₃	10,02	60	B
D ₄	10,02	60	B

Figura 43

Gráfico comparativo entre tratamientos respecto a la longitud de las raíces de plántulas de Cynodon dactylon (Persoon)



Si hay un efecto alelopático sobre la longitud de raíz en los cuatro tratamientos con distinta concentración respecto al control (valor-p de 0,0001). No obstante, existen variaciones significativas entre dos primeros tratamientos después del control frente al tercer y cuarto ensayo. Ahora bien, si se toma en cuenta un efecto alelopático positivo, los mejores resultados se obtuvieron al aplicar las soluciones con concentraciones de 27,79 y 55,58 mg/L. Por otro lado, si se considera un efecto alelopático negativo, los resultados más óptimos son los logrados con la aplicación de diluciones con concentración de 83,38 y 111, 17 mg/L, aunque a cifras mayores de concentración, el efecto inhibitorio será mucho más eficiente.

Grosor de las raíces

Los resultados del efecto alelopático respecto al grosor de las raíces se describen en la Tabla 25. Las divergencias entre los tratamientos se muestran en la Fig. 44.

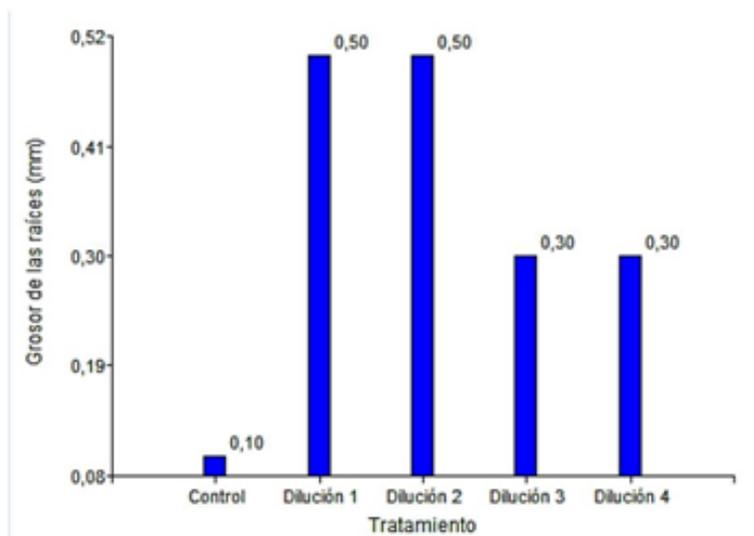
Tabla 25

*Grosor de las raíces de plántulas de *Cynodon dactylon* (Persoon) en cada tratamiento*

Tratamiento	Promedio del grosor de las raíces (mm)	Muestras analizadas (n)	Diferencia significativa
Control	0,10	60	C
D ₁	0,50	60	A
D ₂	0,50	60	A
D ₃	0,30	60	B
D ₄	0,30	60	B

Figura 44

Gráfico comparativo entre tratamientos respecto al grosor de raíz de plántulas de *Cynodon dactylon* (Persoon)



En base al análisis de varianza, se consiguió un valor-p de 0,00000001 inferior a $p=0,05$; lo que indica que si hay un efecto alelopático sobre el grosor de las raíces en los cuatro ensayos con diferente concentración respecto al control. Aunque, existen distas importantes entre los tratamientos 1 y 2 comparados con los tratamientos 3 y 4. Entonces, si se describe un efecto alelopático positivo, los resultados más destacados se lograron al aplicar los ensayos con concentraciones de 27,79 y 55,58 mg/L. No obstante, si se discurre un efecto alelopático negativo, los mejores resultados son los que se consiguieron con la aplicación de las soluciones con concentración de 83,38 y 111, 17 mg/L; pero, es importante tomar en cuenta que a cantidades ascendientes de concentración, la inhibición será preponderante.

Longitud de los tallos

En la Tabla 26 se muestran los resultados del efecto alelopático respecto a la longitud de los tallos. Las variantes entre los tratamientos se indican en la Fig. 45.

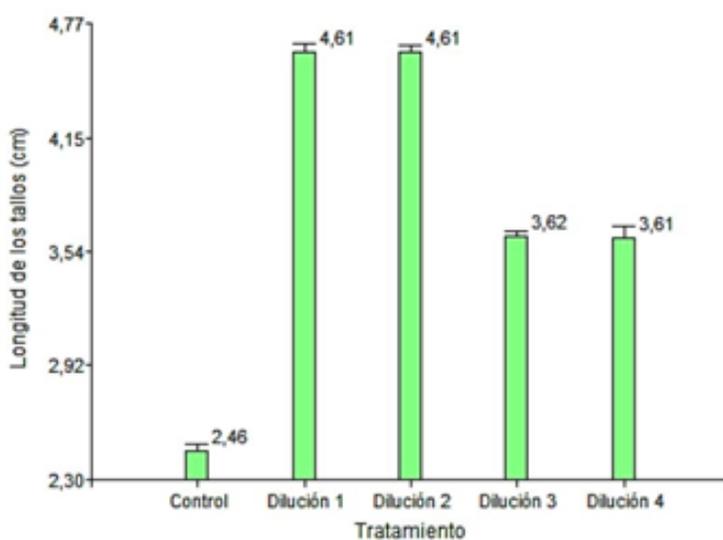
Tabla 26

Longitud de los tallos de plántulas de *Cynodon dactylon* (Persoon) en cada tratamiento.

Tratamiento	Promedio de la longitud de los tallos (cm)	Muestras analizadas (n)	Diferencia significativa
Control	2,46	60	C
D ₁	4,62	60	A
D ₂	4,62	60	A
D ₃	3,62	60	B
D ₄	3,62	60	B

Figura 45

Gráfico comparativo entre tratamientos respecto a la longitud de los tallos de plántulas de *Cynodon dactylon* (Persoon)



Si hay un efecto alelopático sobre la longitud de los tallos en los cuatro tratamientos respecto al control (valor-p de 0,0001). Sin embargo, es claro que existen disimilitudes características entre el primer y segundo ensayo respecto a los tratamientos subsecuentes. Agregando a lo anterior, si se detalla un efecto alelopático positivo, los resultados más eficientes se obtuvieron al aplicar los tratamientos con concentraciones de 27,79 y 55,58 mg/L. Por otro lado, si se describe un efecto alelopático negativo, los resultados más elocuentes son los que se alcanzaron con la aplicación de las diluciones con concentración de 83,38 y 111, 17 mg/L; en esa misma línea, es importante recalcar que a cantidades crecientes de concentración, la inhibición será mejor.

Grosor de los tallos

Los resultados del efecto alelopático respect al grosor de los tallos se reflejan en la Tabla 27. Las variaciones entre los tratamientos se muestran en la Fig. 46.

Tabla 27

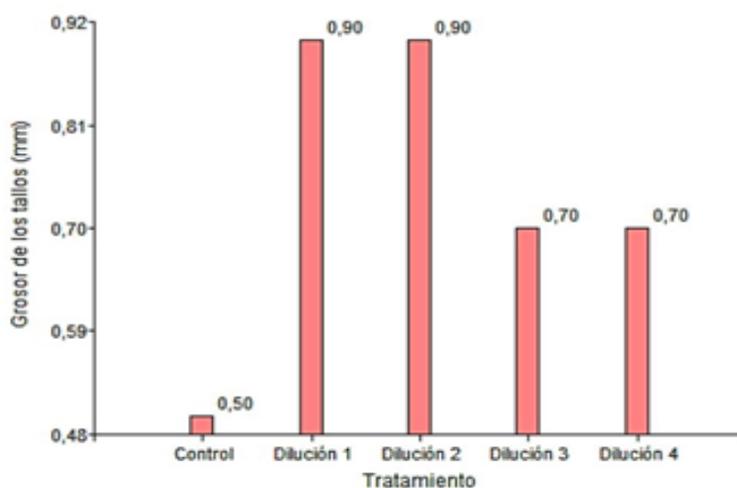
*Grosor de los tallos de plántulas de *Cynodon dactylon* (Persoon) en cada tratamiento*

Tratamiento	Promedio del grosor de los tallos (mm)	Muestras analizadas (n)	Diferencia significativa
Control	0,50	60	C
D ₁	0,90	60	A
D ₂	0,90	60	A
D ₃	0,70	60	B

Tratamiento	Promedio del grosor de los tallos (mm)	Muestras analizadas (n)	Diferencia significativa
D ₄	0,70	60	B

Figura 46

Gráfico comparativo entre tratamientos respecto al grosor de los tallos de plántulas de *Cynodon dactylon* (Persoon)



En el análisis de varianza se obtuvo un valor-p de 0,00000001 inferior a $p=0,05$, lo que indica que si hay un efecto alelopático sobre el grosor del tallo en los cuatro tratamientos con diferente concentración respecto al control. No obstante, concurren distas importantes entre los ensayos 1 y 2 respecto a los tratamientos 3 y 4. Así mismo, si se considera un efecto alelopático positivo, los mejores resultados se alcanzaron al aplicar los tratamientos con concentraciones de 27,79 y 55,58 mg/L. Sin embargo, si se tiene presente un efecto alelopático negativo, los resultados más óptimos son los que se lograron con la aplicación de las soluciones con concentración de 83,38 y 111, 17 mg/L; del mismo modo, es importante

acentuar que a mayores cantidades de concentración, el fenómeno inhibitorio será completamente efectivo.

Número de hojas

La Tabla 28 señala los resultados del efecto alelopático respecto al número de hojas. En la Fig. 47 se aprecian las diferencias entre los tratamientos.

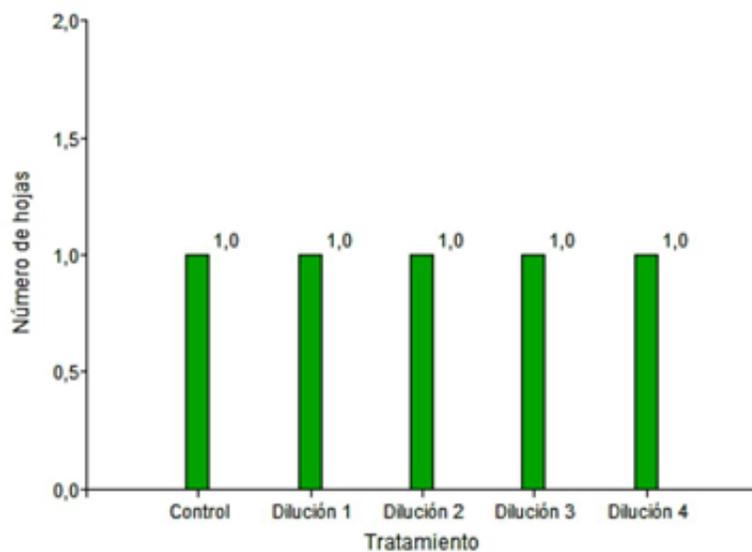
Tabla 28

*Número de hojas de plántulas de *Cynodon dactylon* (Persoon) en cada tratamiento.*

Tratamiento	Promedio del número de hojas	Muestras analizadas (n)	Diferencia significativa
Control	1	60	A
D ₁	1	60	A
D ₂	1	60	A
D ₃	1	60	A
D ₄	1	60	A

Figura 47

Gráfico comparativo entre tratamientos respecto al número de hojas en plántulas de *Cynodon dactylon* (Persoon)



El análisis de varianza arrojó un valor-p de 0,0972 superior a $p=0,05$; lo que reporta que no hay un efecto alelopático sobre el número de hojas en los cuatro tratamientos con distinta concentración respecto al control.

Capítulo V: Discusión

Obtención y rendimiento del extracto de *Cinnamomum verum* (J.Presl) con Soxhlet

A través del método de extracción con Soxhlet, se obtuvo un extracto con un rendimiento en promedio 15,60%.

El contenido de extracto etanólico de *C. verum*, reportado por Gholivand y colaboradores en 2019, es del 15 al 20%. Además, los autores indican que se puede extraer entre un 15 a 20% por el método de Soxhlet en un tiempo de 8 a 12 h (da Silva et al., 2022).

La variación del resultado con el método de extracción puede darse por las condiciones de operación como el tamaño de la muestra usada, el tiempo de extracción, temperatura entre otros factores (Nguyen Tuyet Thi Ngoc et al., 2021), un poco control de estos factores hacen que no se llegue a obtener todo el concentrado que contiene la muestra (da Silva et al., 2022; Yousefi et al., 2019).

Además, se debe considerar que el contenido de metabolitos secundarios en plantas medicinales puede verse afectado por las condiciones climáticas de donde fue tomada la muestra, el periodo en el que fue cosechado; para obtener la máxima cantidad de concentrado (Damayanti et al., 2019; Nguyen Tuyet Thi Ngoc et al., 2021; Sivasothy et al., 2011) y las condiciones que se le da a la muestra para su almacenamiento como temperatura, humedad, entre otros factores.

Identificación de la composición del extracto de *Cinnamomum verum* (J.Presl) mediante reacciones de coloración

En los diferentes ensayos realizados en el extracto, con reactivos específicos para la detección de grupos funcionales, se estableció un resultado unánime para la muestra

analizada, que reportó la presencia de aldehídos, cetonas, fenoles e insaturaciones, que tienen concordancia con los resultados obtenidos en el análisis cromatográfico.

Según Cheng- Hong Yang (2012) y Wang (2016), el extracto etanólico de *C. verum* y *C. talama* al ser sometido a la reacción de Brady, Tollens y Baeyer, obtienen resultados positivos debido a que en su composición están presentes el ácido cinámico, cinamaldehído, linalol y α -pineno. Sin embargo, los autores recalcan que por la tautomerización, la prueba de Lucas puede dar positivo en aproximadamente 20 minutos después de su aplicación, debido a que algunos de sus componentes como el Cinamato de cinamilo pueden sufrir este fenómeno.

Caracterización de la composición química del extracto de *Cinnamomum verum* (J.Presl) por cromatografía en capa fina

La aplicación de la técnica cromatográfica por capa fina, permite la separación de los constituyentes de una mezcla como el extracto, de esta manera se identificó los siguientes compuestos: ácido cinámico, α -terpineno, Cinamato de cinamilo, linalol y cinamaldehído; de acuerdo a los R_f obtenidos y comparados con Wagner & Bladt (2001).

Según Cheng (2012) y Wang et al., (2016) las sustancias más importantes que están en el extracto etanólico de *C. tamala* y *C. zeylanicum*, son el ácido cinámico, cinamaldehído, α -pineno y Cinamato de cinamilo que coinciden con los componentes identificados en este ensayo.

Sin embargo, el extracto etanólico contiene otros principios activos debido a que la mezcla de tolueno y acetato de etilo, al ser solventes de polaridad intermedia-baja, tiene la capacidad de donar y receptor enlaces para la formación de puentes de hidrógeno (Peñarreta, 2016; Ringuélet & Viña, 2013), lo que ayuda a la extracción de compuestos con mediana y alta polaridad (Peñarreta, 2016) como los alcoholes y ésteres terpénicos, y el geranil acetato.

Cuantificación del contenido de fenoles del extracto de *Cinnamomum verum* (J.Presl) por el método de Folin – Ciocalteu

Según Gutiérrez, Ortiz, & Mendoza (2008), el contenido de fenoles totales en un extracto etanólico de *C.zeylanicum*, tiene un valor de aproximado de $3,0 \times 10^{-5} \pm 1,3 \times 10^{-5}$ mg-EAG/g-MS. Esto es similar con el resultado obtenido de fenoles totales de $3,4 \times 10^{-5}$ mg-EAG/g-MS. Además, Gutiérrez et al. (2008), señalan que esta cantidad equivalente de ácido gálico por gramos de muestra seca, ha sido obtenida de acuerdo a un valor de absorbancia de 0,400 con un factor de correlación de 0,9998 en la curva de calibración.

Efecto alelopático del extracto de *Cinnamomum verum* (J.Presl) sobre el número de raíces secundarias, longitud y grosor de las raíces, tallos, y número de hojas de *Lactuca sativa* (Linneo), *Raphanus sativus* (Linneo) y *Cynodon dactylon* (Persoon)

En las semillas de *Lactuca sativa* (Linneo), se evidenció un mejor resultado con la aplicación de extracto sobre el número de raíces secundarias, crecimiento longitudinal y de grosor tanto de raíz como de tallo, con las diluciones de 27,79 mg/L y de 55,58 mg/L respectivamente. Sin embargo, en el análisis de éstas variables del tercer y cuarto tratamiento, se identificó una diferencia estadísticamente significativa, siendo los mejores tratamientos los de concentración de 27,79 mg/L y de 55,58 mg/L. Aunque, los otros dos tratamientos, concentraciones de 83,38 mg/L y de 111,17 mg/L, también presentaron un alto rendimiento respecto al control. Según Liu (2021) y Kressen et al. (2021), la germinación y desarrollo de semillas de *Lactuca sativa* (Linneo), al aplicarse un extracto etanólico de *C.tamala* y *C. zeylanicum*, tienen efectos alelopáticos positivos y negativos. A concentraciones bajas de extracto, 15 mg/L a 50 mg/L, el efecto alelopático es positivo, ya que presenta raíces y tallos más largos y gruesos que en los cultivos tradicionales. Aunque, a partir de concentraciones de 60 mg/L a 95mg/L, también existe efecto alelopático positivo, pero en menor rendimiento que el

intervalo anterior. Ahora bien, si esta concentración va en aumento, 130 mg/L en adelante, el efecto alelopático se vuelve negativo, debido a que a altas concentraciones, las plantas comienzan a intoxicarse. De acuerdo con Liu (2021) y Kressen et al. (2021), este efecto se da por la resistencia adquirida de éstas plantas, no sólo a los pesticidas sino también a ciertos fertilizantes comerciales.

Por otra parte, en las semillas de *Raphanus sativus* (Linneo), se determinó que los mejores resultados están en la aplicación de extracto a concentraciones de 27,79 mg/L, 55,58 mg/L y 83,38 mg/L; ya que este manifestó un mejor resultado sobre el número de raíces secundarias, longitud y grosor de raíces y tallos respecto al control. Pero, en el análisis estadístico de las variables antes descritas, se evidenció una diferencia estadísticamente significativa con el tratamiento de concentración de 111,17 mg/L; y al ser comparado con el control, tiene un mayor rendimiento. No hay estudios que evalúen el efecto alelopático de ésta planta con extractos etanólicos de *C. verum*; Sin embargo, Gturbeun et al. (2022) y Uswalqinu et al. (2022), en sus estudios sobre biopesticidas derivados del alcanforero, *Cinnamomum camphora* (J.Presl) en cultivos de rábano en Shunran-no-Sato – Japón, afirman que la aplicación de aceites esenciales y extractos obtenidos por maceración con *shochu* de esta planta, inhiben el crecimiento de hierbas malas como el cebollín, *Cyperus rotundus* (Linneo); el pasto dentado, *Echinochloa crus-galli* (P. Beauv.) y la maciega, *Imperata cylindrica* (Linneo); aunque Gturbeun et al. (2022) y Uswalqinu et al. (2022), también reportan que la aplicación de estas sustancias al cultivo, contribuye en el crecimiento de longitud y grosor del tallo y raíz. La concentración del aceite esencial óptima para la inhibición de malezas en el estudio fue de 50 mg/L. Por otro lado, la concentración del extracto de *shochu* que permitió que la maleza no creciera, fue de 65 mg/L.

En el análisis de semillas de *Cynodon dactylon* (Persoon), se evidenció un mejor resultado con la aplicación de extracto sobre el número de raíces secundarias, crecimiento

longitudinal y de grosor tanto de raíces como de tallos, con las diluciones de 27,79 mg/L y 55,58 mg/L respectivamente. Sin embargo, en el análisis de éstas variables en las diluciones de 83,38 mg/L y 111,17 mg/L, se identificó una diferencia estadísticamente significativa, siendo los mejores tratamientos los de concentración de 27,79 mg/L y 55,58 mg/L. Aunque, todos los tratamientos presentaron un alto rendimiento respecto al control. De acuerdo a lo expuesto por Sawnders (2017) y Lohg-Ho et al. (2018), acerca de perspectivas futuras sobre pesticidas vs. biopesticidas; el césped común, *Cynodon dactylon* (Persoon), en los últimos 18 años, ha generado resistencia al glifosato y paraquat, debido al uso excesivo de estos agroquímicos. Sin embargo, el uso de biopesticidas derivados de aceites esenciales y extractos concentrados de *C. verum*, *C. camphora*, *C. cassia*, y *C. burmanni*, representan una alternativa eficiente y ecológica al uso de pesticidas conocidos. En la Tabla 29 se detallan las concentraciones necesarias de extracto concentrado de las especies antes mencionadas, para que exista un efecto inhibitorio en el crecimiento de *Cynodon dactylon* (Persoon).

Tabla 29

Concentraciones de extractos de C. verum, C. camphora, C. cassia, y C. burmanni, necesarias para la inhibición en el crecimiento de Cynodon dactylon (Persoon)

Especies vegetales	Concentraciones de extractos (mg/L)	Porcentaje de inhibición en <i>Cynodon dactylon</i> (Persoon)
<i>Cinnamomum verum</i> (J.Presl)	95	65%
<i>Cinnamomum camphora</i> (J.Presl)	120	75%

Especies vegetales	Concentraciones de extractos (mg/L)	Porcentaje de inhibición en <i>Cynodon dactylon</i> (Persoon)
<i>Cinnamomum cassia</i> (J. Presl)	150	87%
<i>Cinnamomum burmanni</i> (Nees & T. Nees) Blume	160	89%

Sawnders (2017) y Lohg-Ho et al. (2018) también señalan que, a concentraciones menores o mucho menores a las indicadas, la inhibición del crecimiento de *Cynodon dactylon* (Persoon), puede ser nula o en su defecto, generar un efecto alelopático positivo. Como se mencionó en el párrafo anterior, el uso desmedido de pesticidas comunes, ha provocado que exista resistencia por parte de las plantas. Esto también ha generado que haya altas concentraciones en los biopesticidas derivados de aceites y extractos de especies de *Cinnamomum*. Si bien, esto es una alternativa ecológica eficiente, si se aplicase a cultivos de interés alimentario, las plantas de dichas cultivos también sufrirían las consecuencias de las altas concentraciones.

En la experimentación realizada, se notó que hubo efecto alelopático positivo en las semillas de *C. dactylon* (Persoon) tratadas a concentraciones de 27,79 mg/L y 55,58 mg/L, lo que concuerda con lo expuesto por Sawnders (2017) y Lohg-Ho et al. (2018). Sin embargo en los tratamientos a concentraciones de 83,38 mg/L y 111,17 mg/L, ya se evidencia un mínimo porcentaje de inhibición en el desarrollo de éstas, lo que también concuerda con lo mencionado por Sawnders (2017) y Lohg-Ho et al. (2018).

Según Carrizosa (2021), los componentes mayoritarios de los extractos de canela, *Cinnamomum verum* (J.Presl), son el ácido cinámico y el cinamaldehído, sustancias que gracias a su actividad vasodilatadora, contribuyen con la elongación de los tejidos de algunas especies vegetales de interés alimentario, ornamental y comercial, es decir, ayudan al crecimiento de éstas. Aunque, a concentraciones superiores a 65 mg/L de éstos compuestos, las plantas tienden reducir los conductos de raíces, tallos y hojas para evitar la intoxicación. De acuerdo con Privayanga et al. (2013), la toxicidad del cinamaldehído y el ácido cinámico es prácticamente nula a concentraciones inferiores a 10 mg/L; no obstante, a partir de 50 mg/L llega a ser letal para el 10% de las células. A partir de dicha concentración, la viabilidad celular se reduce exponencialmente.

Capítulo VI: Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

Se realizó la caracterización la composición química del extracto etanólico de *Cinnamomum verum* (J.Presl) y se observó el efecto alelopático en semillas de crecimiento rápido.

Se obtuvo 1,559 g de extracto de *Cinnamomum verum* (J.Presl) mediante extracción con Soxhlet con un rendimiento del 15,60 %.

Se analizó la composición del extracto de *Cinnamomum verum* (J.Presl) mediante pruebas de coloración, cromatografía en capa fina y espectrofotometría, obteniéndose así un concentrado constituido por cinamaldehído, ácido cinámico, cinamato de cinamilo, α -terpineno, linalol y éster de linalol.

La composición química (cinamaldehído, ácido cinámico, cinamato de cinamilo, α -terpineno, linalol y éster de linalol) del extracto de *Cinnamomum verum* (J.Presl) sí ejerce un efecto sobre la germinación y desarrollo de las semillas de *Lactuca sativa* (Linneo), *Raphanus sativus* (Linneo) y *Cynodon dactylon* (Persoon).

La existencia de un efecto alelopático positivo o negativo del extracto de *Cinnamomum verum* (J.Presl) sobre la germinación y desarrollo de las semillas de *Lactuca sativa* (Linneo), *Raphanus sativus* (Linneo) y *Cynodon dactylon* (Persoon) se debe a su concentración. Es así que, que para el caso de plántulas de *Lactuca sativa* (Linneo) a concentraciones de 27,79 y 55,58 mg/L existe efecto alelopático positivo. Sin embargo, en concentraciones de 83,38 y 111,17 mg/L se evidencia un efecto alelopático negativo. Por otro lado, en plántulas de *Raphanus sativus* (Linneo), las concentraciones que generan un efecto alelopático positivo son de 27,79; 55,58 y 83,38 mg/L respectivamente. Aunque, se evidenció un efecto inhibitorio en la

aplicación de la dilución con concentración de 111,17 mg/L. Finalmente, en plántulas de *Cynodon dactylon* (Persoon), similar al caso de *Lactuca sativa* (Linneo), hay efecto alelopático positivo a concentraciones de 27,79 y 55,58 mg/L, pero en los ensayos con concentraciones de 83,38 y 111,17 mg/L se visualiza un efecto alelopático negativo.

El extracto etanólico de *Cinnamomum verum* (J.Presl), puede convertirse en una alternativa barata y ecológica al uso de pesticidas comunes.

Recomendaciones

Para lograr un mejor resultado en la identificación de principios activos, la muestra debe ser tratada de tal forma que el tiempo de maceración sea el mayor posible para conseguir una mejor extracción de éstos.

Es importante tomar en cuenta el peso de la muestra, para conseguir una buena cantidad y un excelente rendimiento en la extracción.

Para la cuantificación de fenoles totales por el método de Folin – Ciocalteu, es necesario tomar en cuenta las directrices y cantidades, tanto de reactivos como de muestra, descritas en los protocolos y llevar un procedimiento prolijo, esto con el fin de evitar errores al momento de la lectura de las absorbancias.

Capítulo VII: Referencias

- Abedelrahman, M., & Jogaiah, S. (2020). *Bioactive Molecules in Plant Defense*. Springer.
- Allen, C. (2010). 2,4-Dinitrophenylhydrazine - Reactivo de Brady. . En J. Holman, & H. Graham, *Organic Chemistry in Context* (págs. 228-244). Iowa: Hill.
- Almeyda, A. (2017). Estudio de la acumulación de ácido betulínico y urechitol A durante el desarrollo de *Pentalinon andrieuxii* y su relación con la metilación de ADN. *Revista de Divulgación del Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C.*, 1-81.
- Ayensu, E. (1981). *Selvas*. Barcelona: Ediciones Folio.
- Bachega, L., Carvalho, B., Bianco, S., & Cecilio, F. (2013). Períodos de ineficacia de plantas daninhas na cultura do quiabo. *Planta Daninha*, 63-70.
- Belščak, A., Durgo, K., Hudek, A., Bacun-Druzina, V., & Komes, D. (2018). Overview of polyphenols and their properties. En M. C. Galanakis, *Polyphenols: Properties, recovery, and applications* (págs. 3-44). United Kingdom: Elsevier Woodhead Publishing.
- Bewley, D., Bradford, K., Henk, W., Hilhorst, M., & Nonogaki, H. (2013). Seeds - Physiology of Development, Germination and Dormancy . En K. B. D. Bewley, *Germination* (págs. 133-181). Springer.
- Biala, W., & Jasinski, M. (2018). The Phenylpropanoid Case - It Is Transport That Matters. *Front. Plant Sci.*
- Campiglia, E., Mancinelli, R., & Cavalieri, A. (2001). Use of Essential Oils of Cinnamon, Lavender and Peppermint for Weed Control. *Italian Jour. Agronomy*, 171-175.
- Carey Francis, A. (2018). *Química Orgánica*. Virginia: Virginia's University Press.

- Caulín, A. (1987). *Historia Corographica de la Nueva Andalucía*. Academia Nacional de la Historia. Fuentes para la historia colonial de Venezuela. Caracas.
- ChemistryLearner. (2023). *Tollen's Test*. Obtenido de ChemistryLearner Boston University: <https://www.chemistrylearner.com/tollens-test.html>
- Coelho, M., Bianco, S., & Caralho, L. (2009). Interferencia de plantas daninhas na cultura da cenoura (*Daucus carota* L.). *Plata Daninha*, 913-920.
- Dauxion Lavaisse, J. (1966). *Viaje a las islas de Trinidad, Tobago, Margarita y a diversas partes de Venezuela en la América Meridional*. Caracas: Instituto de Antropología e Historia, Facultad de Humanidades y Educación, Universidad Central de Venezuela.
- De la Vega, M. (2018). Resistencia de malezas a herbicidas. *Revista Especial Maleza*, 29-34.
- Devlin, T. (2004). *Bioquímica*. Barcelona: Reverté.
- Dias, R., Oliveira, H., Fernandes, I., Simal-Gandara, J., & Perez-Gregorio, R. (2020). Recent advances in extracting phenolic compounds from food and their use in disease prevention and as cosmetic. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1-22.
- Díaz, A. (2015). Potencial de Manejo Post-emergente de Malezas con Alternativas de Extractos Vegetales. *Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro*, 1-79.
- Dighe, V., Gursale, A., & Charegaonkar, A. (2009). *Quantitation of Eugenol, cinnamaldehyde and isoeugenol from Cinnamomum tamala, Nees and Erm., leaf powder and Cinnamomum zeylanicum Breyne stem bark powder*. Mumbai: LC. Chromatographia.
- Durazzo, A., Lucarini, M., Souto, E., Cicala, C., Caiazzo, E., & Izzo, A. (2019). Polyphenols: A concise overview on the chemistry, occurrence and human health. *Phytotherapy Research*, 2221-2243.

- Fattorusso, E., & Tagliatela-Scafati, O. (2008). *Modern alkaloids. Structure, isolation, synthesis and biology*. Wiley-VCH.
- Ferreira, J., Luthria, D., Sasaki, T., & Heyerick, A. (2010). Flavonoides de *Artemisia annua* L. como Antioxidantes y su Potencial sinergismo con temisina contra la Malaria y el Cáncer. *Molecules*, 3135-3170.
- Gilij, F. (1975). *Ensayo de historia americana. Academia Nacional de la Historia*. Caracas: Fuentes para la historia colonial de Venezuela. N° 71-73.
- Gravel, E., & Poupon, E. (2010). Biosynthesis and biomimetic synthesis of alkaloids isolated from plants of the *Nitraria* and *Myriophyllum* genera: an unusual lysine- based metabolism. *Nat. Prod. Rep.*, 32-56.
- Guamán, J. (2015). ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LAS PLANTAS ORNAMENTALES COMO ESTRATEGIA PARA MEJORAR EL ENTORNO ECOLÓGICO DE LA ESCUELA "SANTA CATALINA" DE LA PAR ROQUIA SAN LUCAS. *Repositorio Digital de la Universidad Tecnológica Equinoccial - UTE*, 1-109.
- Guerrero, C. (2013). *Principios de Química Orgánica*. Medellín: Editorial de la Universidad Nacional de Colombia.
- Guizar, C. (2019). El papel de los metabolitos secundarios en la agricultura. *CIATEJ*, 23-29.
- Gumilla, J. (1963). *El Orinoco ilustrado y definido. Academia Nacional de la Historia*. . Caracas: Fuentes para la historia colonial de Venezuela N° 68.
- Gutiérrez, D., Ortiz, C., & Mendoza, A. (2008). Medición de Fenoles y Actividad Antioxidante en Malezas Usadas para Alimentación Animal. *Universidad Autónoma de Querétaro*, 1-5.

- Hartmann, T., & Ober, D. (2008). Resistencia inducida de las plantas a la herbivoría. En A. Schaller, *Defensa por alcaloides de pirrolizidina: desarrollados por plantas y reclutados por insectos* (págs. 213-231). Berlín: Springer Science+BUSinee Media BV.
- Hermann, K., & Weaver, L. (2019 - Actualizado de la publicación de 1999). The shikimate pathway. *Annu. Rev. PLant Physiol. Planta Mol. Biol.* , 473-503.
- Holm, L., Plucknett, J., & Herberger, J. (2017). *The World's Worst Weeds, distribution and biology*. Honolulu: The University Press of Hawaii.
- Humbolt, A. (1941). *Viaje a las regiones equinociales del nuevo continente (1799 - 1800)*. Traducción de Lisandro Alvarado. Tomos I y IV. Caracas.
- Ikawa, M., Schaper, T., Dollard, C., & Sasner, J. (2013). Utilization of Folin-Ciocalteu phenol reagent for the detection of certain nitrogen compounds. *J. Agric. Food Chem*, 1811-1815.
- INECOL. (2023). *Canela - Cinnamomum verum*. México: INECOL - Insituto de Ecología de la ciudad de México.
- Jogamar, S. (2019). La importancia de las plantas ornamentales - Artículo de revisión. *Plants*, 4901- 4919.
- Kirk, R., Sawyer, R., & Egan, H. (1996). Hierbas y Especies. En S/R, *Composición y análisis de alimentos de Pearson* (págs. 431-472). México: Compañía Editorial Continental.
- Kohler, S. (2014 - Actualizado de la publicación de 1887). *Medizinal - Pflanzen in naturgetreuen. Abbildungen mit kurz erlauterndem*. Berlín: Band1.
- Kovářová, J., & Barrett, M. (2016). The Pentose Phosphate Pathway in Parasitic Trypanosomatids. *CellPress*, 622-634.

- Kutchan, T. (2001). Ecological arsenal and developmental dispatcher. The paradigm of secondary metabolism. . *Plant physiology*, 58-60.
- Labrada, R., Caseley, J., & Parker, C. (2018). *Manejo de Malezas para Países en Desarrollo. (Estudio FAO Producción y Protección Vegetal - 120)*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Labster Theory. (29 de julio de 2023). *Prueba de Baeyer*. Obtenido de Labster Theory: <https://theory.labster.com/baeyers-test-es/>
- Lanfranconi, L., & Pisa, D. (2021). Malezas resistentes a herbicidas. *CropLife*, 1873-1888.
- Leguizamón, E. (2014). *La Agricultura y las Malezas: Pasado, presente y perspectivas*. Zavalla: Editorial de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad del Rosario.
- Leguizamón, E. (2015). Las Malezas y el Agroecosistema. *Sitio Argentino de Producción Animal*, 1-9.
- Lindorf, H. (2002). LA NUEZ MOSCADA Y LA CANELA EN AMÉRICA. *Acta Botánica Venezuelica*, 97-102.
- Magalhaes, L., Segundo, M., Reis, S., & Lima, J. (2018). Methodological aspects about in vitro evaluation of antioxidant properties. *Anal. Chim.*, 1-19.
- Martínez, M. (2015 - Actualizado de la versión de 1959). *Plantas útiles de la flora mexicana*. México: Botas.
- Mateos, M., Fuguet, I., Quero, C., Pérez, J., & Lluíz, J. (2011). New identification of proanthocyanidins in cinnamon (*Cinnamomum verum* Presl.) using MALDI- TOF/TOF mass spectrometry. . *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 1327– 1336.

- McGarvey, D., & Croteau, R. (2015 - Actualización de la publicación de 1995). Terpenoid metabolism. *The Plant Cell*, 1015–1026.
- Medialdea, J., Arnáiz, C., & Díaz, E. (2015). Permanganato potásico: un potente y versátil oxidante. *Escuela Universitaria de Sevilla*, 129-136.
- Merck. (2023). *Cromatografía en capa fina (TCL)*. Obtenido de Merck: <https://www.sigmaaldrich.com/EC/es/applications/analytical-chemistry/thin-layerchromatography>
- Moreiras, P., Briseño, K., López, P., Dávalos, F., Brendan, J., & Ruales, J. (2013). Propiedades nutricionales de alimentos básicos de dietas para gente atlética. *MedicSena*, 289-301. Obtenido de 289-301
- Moreno, E. (2021). *Manejo de poblaciones de malezas resistentes a herbicidas*. Babahoyo: Universidad Técnica de Babahoyo.
- Morrison, R., & Boyd, R. (2017). *Química Orgánica*. Boston: Massachusetts Press.
- Morton, J. (1981). *Atlas of medicinal plants of middle America*. Springfield: Thomas.
- Munteanu, I., & Apetrei, C. (2021). Analytical Methods Used in Determining Antioxidant Activity: A Review. *Int. J. Mol. Sci*, 3380-3397.
- Nava, E., García, C., Camacho, J., & Vázquez, E. (2021). Bioplaguicidas: Una opción para el control biológico de plagas. *Ra Ximhai*, 17-29.
- Nivia, E. (2019). Efectos sobre la salud y el ambiente de herbicidas que contienen glifosato. *MamaCoca*, 129-139.
- Olivar, E. (2023). Beneficios de las plantas para reducir niveles de ansiedad y depresión. *Journal of Physiological Anthropology*, 1355-1387.

- Palacios, R. (2016). Diversificación del control de malezas con herbicidas de diferentes modos de acción para asegurar la sustentabilidad de los herbicidas disponibles. *Universidad Técnica Estatal de Quevedo*, 338-349.
- Parvin, K., Nahar, K., Mohammad, S., Al Mahmud, J., Fujita, M., & Hasanuzzaman, M. (2022). Plant Phenolic Compounds for Abiotic Stress Tolerance. En M. Hasanuzzaman, G. Ahammed, & K. Nahar, *Managing Plant Production Under Changing Environmen* (págs. 193-27). Singapore: Springer.
- Paucar, B. (2013). EFECTO DEL MANEJO QUIMICO Y MECANICO DE MALEZAS EN PAPA Y RESPUESTA DE LA ARVEJA A LA LABRANZA REDUCIDA. *INIAP*, 198-221.
- Pelayo, P., & Puig-Samper, M. (1992). *La obra científica de Löffling en Venezuela. Cuadernos Lagoven*. Caracas: Editorial Arte.
- Pino, O., Sánchez, Y., & Rojas, M. (2013). Metabolitos secundarios vegetales como alternativas en el manejo de plagas II: Un panorama de su potencial en Cuba. *Revista de Protección Vegetal*, 95-108.
- Portal de Ecuador al Mundo. (29 de julio de 2023). *El País de la Canela*. Obtenido de Portal de Ecuador al Mundo: https://decuadoralmundo.com/pais_canela_ecuador.html
- Priyanga, R., Shehani, P., Sirimal, G., Premakumura, S., Galappaththy, G., & Constantine, G. (2013). Medicinal properties of "true" cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*): a systematic review. *BMC Complementary and Alternative Medicin*, 275-321.
- Ravindran, P., Nirmal, B., & Shylaja, M. (2004). *Cinnamon and Cassia. The genus Cinnamomum*. Kerala: CRC Press LLC.

- Reinert, S., Money, K., Rockstad, G., Kane, N., Van Tassel, D., & Hulke, B. (2018). Two contrasting laboratory methods improve *Silphium integrifolium* Michx. germination rate to agronomically acceptable levels. *Euphytica*, 156.
- Roy, A. (2017). Review on the alkaloids an important therapeutic compound from plants Antibacterial studies of medicinal plant View project. *International Journal of Plant Biotechnology*, 1-9.
- Sánchez, L. (2013). Determinación de compuestos funcionales en Canela (*Cinnamomum verum*) (J.Presl). *IPN*, 1-59.
- Saunders, L., & Pezeshki, R. (2015). Glyphosate in Runoff Waters and in the Root- Zone: A Review. *Toxics*, 462-480.
- Senanayake, U., & Wijesekera, R. (2004). *Chemistry of Cinnamon and Cassia*. Nugegoda: CRC Press LLC.
- Sgariglia, M., Soberó, J., Sampietro, D., & Vattuone, M. (2010). CROMATOGRAFÍA: CONCEPTOS Y APLICACIONES. *Revista Arakuku*, 1-6.
- Shriner, R., & Fuson, R. (2016). *The Systematic Identification of Organic Compounds*. New York: John Wiley.
- Singleton, V., Orthifer, R., & Lamuela-Raventos, R. (2019). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Meth Enzymol*, 152 178.
- Solbrig, O., & Solbrig, D. (1996). *So Shall You Reap: Farming And Crops In Human Affairs*. s/r: s/r.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2002). Secondary Metabolites and Plant Defense. En L. Taiz, & E. Zeiger, *Plant Physiology* (págs. 284-290). Sinauer Associates.

- ThermoFisher Scientific. (2022). *Tollens Test*. Obtenido de ThermoFisher Scientific:
<https://www.thermofisherscientific.com/tollens-test.html>
- Túmulos, J., Jameson, G., & Pope, M. (2015). Structure of a heteropoly blue. The four- electron reduced β -12-molybdophosphate anion. *J. Am. Chem. Soc.*, 1771–1773.
- UAM. (2020). *Cromatografía en capa fina - Guía de laboratorio para la determinación de componentes en un extracto etanólico de Cinnamomum tamala (L.)*. Obtenido de Repositorio digital de la Universidad Autónoma de Madrid:
<http://www.qfa.uam.es/qb/practicas/P6-guion.pdf>
- UNAM. (2020). *Prueba de Lucas para Alcoholes - Mecanismo*. Obtenido de Youtube:
https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=wxamzTz3k_0
- Universidad de Barcelona. (2019). *Cromatografía en capa fina y en columna*. Obtenido de Repositorio Digital de la Universidad de Barcelona:
https://www.ub.edu/oblq/oblq%20castellano/cromatografia_tipus.html
- Vanegas, F., & Muñoz, R. (2017). Malezas tropicales el litoral ecuatoriano. *INIAP*, 1- 16.
- Vera, A., Palacios, Z., Liuba, D., Suarez, C., & Mendoza, H. (2018). Diversity and phytosociological analysis of weeds in a Musaceae crops from the ecuatorian tropics. *Agriscientia*, 2988-2301.
- Wagner, H., & Blatt, S. (2001). *Plant Drug Analysis*. München: Springer.
- Weggler, B., Gruber, B., Tehan, P., Jaramillo, R., & Dorman, F. (2020). Cromatografía de gases multidimensional básica. *Separation Science and Technology*, 141- 203.
- Wijesekera, R. (2012). The Chemistry and Technology of Cinnamon. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1043-1067.

Zurita, A., Koller, A., & Zabalaga, R. (2021). Extracción de aceite de amaranto utilizando la técnica Soxhlet y extracción asistida por Ultrasonido. *Acta Nova*, 246-255.