



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
FACULTAD DE CIENCIAS ZOOTÉCNICAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS
AGROPECUARIAS**

**TESIS DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS AGROPECUARIAS**

MODALIDAD PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

ACTIVIDAD FITOTÓXICA Y TAMIZAJE FITOQUÍMICO DE LOS EXTRACTOS
DE HOJAS DE Balsa (*Ochroma pyramidale*) PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOHERBICIDAS.

AUTORES:

VERDUGA LÓPEZ CRISTHIAN DARÍO

ZAMBRANO VEGA JAIRO ARGENIS

TUTOR:

ING. ALEX ALBERTO DUEÑAS RIVADENEIRA, PhD.

**CHONE-MANABÍ-ECUADOR
2022**

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico primeramente a Dios, por ser nuestro guía y habernos dado toda la sabiduría para culminar nuestro proceso de formación académica.

A mis padres, Robinson Verduga, Yaira López y hermano Robinson Verduga por enseñarme a ser constante en mi vida y a luchar por todos las metas, por sus consejos y por qué siempre estuvieron pendiente de mí, inculcándome a ser disciplinado.

A mi esposa Daniela Chávez, por su paciencia y apoyo durante toda mi carrera universitaria, ayudándome a superar todas las adversidades y convirtiéndolas en fortalezas y poder cumplir esta grandiosa meta juntos. Por ser la madre de mi Bello ángel que está en camino al que con todo el amor del mundo esperamos.

A abuelita Rosa que desde niño siempre me cuido y se preocupó tanto por mi bienestar, por vernos cumplir nuestros sueños. Sé que desde el cielo me guiará y cuidará siempre, guiándome siempre por el mejor camino. De la misma manera, dedico este trabajo a toda mi familia por mostrarme ese afecto de apoyo y motivación en todo momento.

Cristhian Darío Verduga López

DEDICATORIA

A Dios, por darme la sabiduría necesaria y poder cumplir con este gran sueño, que me permite llenar de orgullo a mis seres queridos.

A mis abuelitos y mamá, quienes con su amor único e incondicional se esforzaron por verme realizado como un profesional. Por sus enseñanzas y consejos a ser una mejor persona.

A mi hermano y hermanas que siempre me motivaron a seguir luchado, a ser perseverante en cumplir cada uno de mis objetivos.

A mi familia y amigos por su grandioso apoyo y poder lograr una meta más en mi vida.

Jairo Argenis Zambrano Vega

AGRADECIMIENTO

A Dios, por todas sus bendiciones y poder finalizar mi carrera de estudios universitarios.

A mi familia, por ser mi fuente de inspiración y de apoyo. Por enseñarme a afrontar de la mejor manera todos los retos y poder finalizar de la mejor manera esta etapa de la vida. A mi esposa, por ser una persona con un carisma incondicional en mi vida.

A mi director de tesis. Dr. Alex Alberto Dueñas Rivadeneira, por sus consejos y enseñanzas durante todo el desarrollo de nuestro trabajo de investigación, orientándonos a la elaboración de un buen trabajo de investigación.

A la Universidad Técnica de Manabí y a la Facultad de Ciencias Zootécnicas por habernos dado la oportunidad de habernos formado como profesionales. Por habernos financiado nuestro trabajo de investigación.

A todos los docentes de la Facultad de Ciencias Zootécnicas por su paciencia y dedicación en cada una de las clases, motivándome a seguir luchando por todas nuestras metas.

A mis amigos y compañeros de la universidad y del colegio, por toda esa muestra de afecto, por todo el apoyo incondicional.

Cristhian Darío Verduga López

AGRADECIMIENTO

A Dios, por guiarme y darme sabiduría para culminar esta etapa de mi vida.

A mi familia, por estar siempre a mi lado, apoyándome, dándome toda su confianza en todos los momentos de mi vida. Porque siempre confiaron en mí y me motivaron para poder cumplir con esta preciada meta.

Al Dr. Alex Dueñas Rivadeneira, director de este trabajo de investigación. Gracias por su tiempo y dedicación en cada una de las etapas de nuestro trabajo de investigación.

Al grupo de docentes de la Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ciencias Zootécnicas, por brindarme todos sus conocimientos, que no solo me formaron como profesional sino que también me enseñaron valores, es por ello que expreso mi gratitud hacia ellos.

A la Universidad Técnica de Manabí por habernos financiado este trabajo de investigación y habernos permitido desarrollar un buen trabajo de investigación.

A mis amigos de la infancia y compañeros de la universidad, por darme sus consejos y apoyarme en mis momentos más difíciles.

Jairo Argenis Zambrano Vega

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

Ing. Alex Alberto Dueñas Rivadeneira, PhD. catedrático de la Facultad de Ciencias Zootécnicas, extensión Chone de la Universidad Técnica de Manabí CERTIFICO, que la presente tesis titulada: “**Actividad fitotóxica y tamizaje fitoquímico de los extractos de hojas de balsa (*Ochroma pyramidale*) para la producción de bioherbicidas**”, ha sido realizada por los egresados de la Carrera de Industrias Agropecuarias Verduga López Cristhian Darío y Zambrano Vega Jairo Argenis; bajo la dirección del suscrito habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Chone, abril del 2022.

Ing. Alex Alberto Dueñas Rivadeneira, PhD.
DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE REVISIÓN Y EVALUACIÓN

TESIS DE GRADO

Sometida a consideración del Tribunal de Revisión y Evaluación designado por:
el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias Zootécnicas, extensión Chone
de la Universidad Técnica de Manabí, como requisito previo a la obtención del título de:

INGENIERO EN INDUSTRIAS AGROPECUARIAS

TEMA:

ACTIVIDAD FITOTÓXICA Y TAMIZAJE FITOQUÍMICO DE LOS
EXTRACTOS DE HOJAS DE Balsa (*Ochroma pyramidale*) PARA LA
PRODUCCIÓN DE BIOHERBICIDAS

REVISADA Y APROBADA POR:

Ing. Frank Guillermo Intriago Flor, PhD.

REVISOR DE TESIS

Ing, Mario Javier Loor Bonilla, PhD.

SEGUNDO MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Wagner Antonio Gorazabel Muñoz, Msc.

PRIMER MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Ramona Cecilia Parraga Álava, PhD.

TERCER MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DECLARACIÓN SOBRE LOS DERECHOS DE AUTOR

Verduga López Cristhian Darío y Zambrano Vega Jairo Argenis declaramos que el presente trabajo de graduación es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas contenidas en este documento.

La Universidad Técnica de Manabí puede hacer uso de los derechos de publicación correspondiente a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa Institucional vigente.

Verduga López Cristhian Darío

Zambrano Vega Jairo Argenis

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
AGRADECIMIENTO	v
CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS	vi
CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE REVISIÓN Y EVALUACIÓN	vii
DECLARACIÓN SOBRE LOS DERECHOS DE AUTOR	viii
ÍNDICE	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xii
INDICE DE FIGURAS	xiii
INDICE DE ANEXOS	xv
RESUMEN	xvi
ABSTRACT	xvii
1. INTRODUCCIÓN/PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. Formulación del problema	3
2. ANTECEDENTES	3
3. JUSTIFICACIÓN	4
4. OBJETIVOS	5
4.1. Objetivo General	5
4.2. Objetivos específicos	5
5. HIPÓTESIS	5
6. MARCO REFERENCIAL	5
6.1. La balsa	5
6.2. La teca	8
6.2.1. Propiedades de la hoja de teca	9

6.2. Compuestos fitotóxicos.....	10
6.3. Fitotoxicidad de productos de origen vegetal	10
6.4. Procesos de maceración	11
6.5. Rotoevaporación	12
6.6. Tamizaje fotoquímico	12
6.7. Compuestos de los metabolitos secundarios.....	13
6.8. Evaluación <i>in vitro</i>	17
6.9. Balances de materia	17
7. DISEÑO METODOLÓGICO.....	18
7.1. Localización.....	18
7.2. Recolección de la materia prima.....	18
7.3. Tamizaje fitoquímico	19
7.4. Concentración.	19
7.5. Tamizaje fitoquímico.....	20
7.6. Contenido fenólico total de los extractos.....	21
7.7. Evaluación de efecto fitotóxico <i>in vitro</i> de los extractos de hojas de balsa y teca.....	22
7.8. Formulaciones.....	24
7.9. Parámetros de producción del bioherbicida a nivel de planta piloto. ..	25
7.10. Análisis estadísticos	26
8. RESULTADOS	26
8.1. Determinación de los metabolitos secundarios.....	26
8.2. Determinación del contenido fenólico de los extractos de hojas de balsa y teca.....	28
8.3. Contenido fenólico para extractos etanólicos <i>Teca y balsa</i> estabilizado por la curva de calibración.....	29
8.4. Contenido de Fenoles Totales equivalente a ácido gálico para los extractos etanólicos de <i>Teca y balsa</i>	30

8.5. Resultados de la evaluación in vitro	31
8.6. Balance de masa de los procesos de maceración	38
8.7. Diagrama de flujo para la producción a nivel piloto.....	45
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	49
9.1. Conclusiones	49
9.2. Recomendaciones	50
10. BIBLIOGRAFÍA	51
11. ANEXOS	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Formulaciones	25
Tabla 2. Metabolitos secundarios de las hojas de balsa y teca.	26
Tabla 3. Contenido fenólico para extractos etanólicos Teca y balsa estabilizado por la curva de calibración.....	29
Tabla 4. Contenido de Fenoles Totales equivalente a ácido gálico para los extractos etanólicos de <i>Teca y balsa</i>	30
Tabla 5. Numero de semillas germinadas.....	31
Tabla 6. Porcentaje de germinación	32
Tabla 7. Índice de respuesta alelopática	33
Tabla 8. Longitud de la radícula (LR)	35
Tabla 9. Longitud del hipocotilo (LH)	36
Tabla 10. Longitud de los cotiledones (LC)	37

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del área de recolección del material vegetal.....	19
Figura 2. Esquema de plántula de <i>Lactuca sativa</i>	24
Figura 3. Curva de calibración para Fenoles totales.....	28
Figura 4. Diagrama de flujo para la obtención de extractos etanólicos de hojas de balsa y teca.....	45
Figura 5. Diseño de la línea de producción para la obtención de los extractos.....	46

INDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Plantaciones de balsa.....	6
Imagen 2. Actividad comercial de la balsa en Ecuador.....	8
Imagen 3. Plantaciones de tecas	9
Imagen 4. Hoja de la <i>teca</i>	9
Imagen 5. Maceración de material vegetal en frío.	11
Imagen 6. Rotoevaporación de extractos.....	12

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Recolección de las hojas de teca y balsa	64
Anexo 2. Secado de las hojas de teca y balsa.....	64
Anexo 3. Filtrado de los extractos de plantas vegetales.....	65
Anexo 4. Tamizaje fitoquímico de los extractos de hojas de balsa y teca.	65
Anexo 5. Evaluación de contenido de fenoles de los extractos.....	67
Anexo 6. Rotoevaporación de los extractos de hojas de balsa y teca.	68
Anexo 7. Fraccionado de los extractos en soluciones acuosas y etanólicas.....	68
Anexo 8. Preparación de las diluciones.....	69
Anexo 9. Evaluación del efecto alelopático de los extractos de hojas de teca y balsa...69	
Anexo 10. Efecto alelopático de los extractos etanólicos y acuoso de las hojas de balsa y teca a las 120 horas.....	70
Anexo 11. Registro de datos de las variables morfológicas y de germinación de las semillas de lechuga.....	71

RESUMEN

El aprovechamiento de los residuos de origen vegetal como materias primas juega un rol fundamental en el bienestar económico y social del Ecuador. La investigación se desarrolló con el objetivo de determinar la presencia de metabolitos secundarios y su potencial actividad fitotóxica a partir de hojas de balsa (*Ochoroma pyrdamile*) para la producción de bioherbicidas. Se obtuvieron extractos por medios de maceración y se colocó en un rotoevaporador a temperatura de 45 °C con una presión atmosférica 175 mbars para el respectivo tamizaje fitoquímico y análisis del contenido fenólicos. Se evaluó el efecto alelopático de los extractos de balsa sobre semillas de lechuga (*Lactuca sativa*). Se utilizó las fracciones acuosas y etanólicas de hojas de teca como parte de los tratamientos para contrastar los efectos alelopáticos de los extractos de la hoja de balsa. Se utilizó un diseño completamente al azar con la inclusión de 3 concentraciones de los extractos en sus dos fracciones acuosa y etanólica (500, 1500 y 2500 mg-L⁻¹), en cada tratamiento se evaluó las variables números de semillas germinadas, porcentaje de germinación, índice de respuesta alelopática, longitud de la radícula, hipocotilo y de los cotiledones. Se desarrolló un diagrama de flujo y digrama para la producción a planta piloto de acuerdo a cada uno de los procesos aplicados para la obtención de los extractos. Los resultados una alta presencia (+++) de saponinas, taninos, azúcares reductores en las fracciones acuosas y etanólica en los extractos de hojas de balsa. El mayor efecto alelopático se presentó en concentraciones a 2500 mg/l de las fracciones etanólicas de ambas especies vegetales, siendo inferiores al 44%. El balance de materia de los extractos de las hojas de ambas especies arbustivas muestran un rendimiento de 6,08 % (teca) y 5,94 % (balsa). Las fracciones de los extractos etanólica de las hojas de balsa mostraron efecto alelopático sobre las semillas de lechuga.

Palabras claves: balsa, bioherbicida, efecto alelopático, metabolitos, tamizaje, teca.

ABSTRACT

The use of waste of plant origin as raw materials plays a fundamental role in the economic and social well-being of Ecuador. The research was developed with the objective of determining the presence of secondary metabolites and their potential phytotoxic activity from balsa leaves (*Ochoroma pyrdamile*) for the production of bioherbicides. Extracts were obtained by means of maceration and placed in a rotary evaporator at a temperature of 45 °C with an atmospheric pressure of 175 mbars for the respective phytochemical screening and analysis of the phenolic content. The allelopathic effect of balsa extracts on lettuce seeds (*Lactuca sativa*) was evaluated. The aqueous and ethanolic fractions of teak leaves were used as part of the treatments to contrast the allelopathic effects of the bolla leaf extracts. A completely randomized design was used with the inclusion of 3 concentrations of the extracts in their two aqueous and ethanolic fractions (500, 1500 and 2500 mg-L⁻¹), in each treatment the variables number of germinated seeds, percentage of germination, allelopathic response index, length of the radicle, hypocotyl and cotyledons. A flowchart and diagram for pilot plant production were developed according to each of the processes applied to obtain the extracts. The results show a high presence (+++) of saponins, tannins, reducing sugars in the aqueous and ethanolic phases in the extracts of balsa leaves. The greatest allelopathic effect occurred at concentrations of 2500 mg/l of the ethanolic fractions of both plant species, being less than 44%. The material balance of the extracts from the leaves of both shrub species show a yield of 6.08% (teak) and 5.94% (raft). The fractions of the ethanolic extracts of the balsa leaves showed an allelopathic effect on the lettuce seeds. **Keywords:** Balsa, bioherbicide, allelopathic effect, metabolites, screening, teak.

1. INTRODUCCIÓN/PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La balsa (*Ochroma pyramidale*) es una de las especies forestales madereras que en la actualidad representa uno de los rubros económicos de muchas familias ecuatorianas debido a la alta comercialización, además de ser considerada como uno de los principales productos de exportación debido a sus altos niveles de producción dentro de las zonas subtropicales del Ecuador (Cedeño, 2021).

En la actualidad la búsqueda de nuevas alternativas para el desarrollo una agricultura orgánica se ha considerado como uno de los mayores desafíos que busca reducir significativamente la contaminación ambiental ocasionada por la utilización de compuestos sintéticos que en consecuencia han desencadenado una serie de problemas que han modificado el desarrollo de la agricultura rural (Bautista *et al.*, 2021).

En las últimas décadas, las variantes de investigación que buscan soluciones viables en el marco de una agricultura rentable y respetuosa con el medio ambiente (agricultura sostenible) están ganando cada vez más fuerza. Los productos químicos en la agricultura también pueden aumentar significativamente el rendimiento y la rentabilidad de los cultivos, pero su uso sistemático puede alterar los entornos biológicos y causar estragos en varios ecosistemas. Debido a ello se realizan investigaciones para la obtención de productos de origen natural, acudiendo a la utilización de los efectos alelopáticos entre las plantas (Ortíz *et al.*, 2012)

Adicionalmente se plantea el estudio de los efectos alelopáticos de las especies vegetales como una de las alternativas que busca establecer nuevas fuentes de herbicidas con novedosas estructuras y mecanismos de acción, existiendo herbicidas basados en las propiedades de múltiples metabolitos secundarios

Frente a estos retos se tiene que uno de los mayores problemas en la agricultura actual se presenta durante el control de malezas en las diferentes plantaciones, lo que ha hecho que las propietarios acudan al uso de herbicidas químicos como una alternativa que permite efectuar un control efectivo y económico frente a este problema, sin embargo, se ha denotado la preocupación de residuos químicos que en consecuencia denotan un problema para la salud de la población actual (Guevara *et al.*, 2019).

En este sentido investigaciones realizados por Sánchez (2016); Holguín (2016); Alonso *et al.*, (2020), al evaluar la actividad fitotóxica de diferentes especies vegetales describen características funcionales sobre el control de malezas, plagas y enfermedades que afectan a las actividades agrícolas, por lo que se considera como una alternativa que permite mantener la sostenibilidad del ambiente.

Durante mucho tiempo se consideró a la balsa como una de las malezas que presentaba una fácil propagación, debido a que sus semillas se dispersaban con facilidad con la ayuda del viento hacia diversos lugares (Jara, 2021). Actualmente, es uno de los recursos forestales económicamente importantes para el país, como resultado, la especie ha alcanzado casi el 95% de la producción mundial, y hoy en día esta madera está dotada de múltiples usos comerciales y artesanales, considerando la importancia económica que se presenta en la diferentes familias ecuatorianas vinculadas con el crecimiento y desarrollo de esta especie (Viera, 2020).

A pesar de la importancia económica de la balsa en el medio y de la alta cantidad de biomasa que se genera a partir de las actividades relacionadas con la tala y comercialización del producto resultante del árbol, no se aprovecha en su totalidad el material vegetal proveniente las ramas, la misma que puede ser considerada como una alternativa viable para ser utilizada por la agroindustria (Bermeo, 2018).

En caso de la hojas de balsa (*Ochroma pyramidale*) no se encuentra una amplia documentación que describa las propiedades fitotóxicas de la hoja de balsa cultivada dentro del territorio ecuatoriano. Por lo tanto en la presente investigación está encaminada a la búsqueda del aprovechamiento de biomásas de subproductos de origen vegetal como nuevas alternativas que permitan la obtención y producción agroindustrial de un bioherbicida orgánico que permita efectuar un control de malezas de manera eficiente lo que encamine al desarrollo de una agricultura sostenible y amigable con el medio Ambiente.

1.1. Formulación del problema.

Por lo expuesto anteriormente se formula el siguiente planteamiento del problema:

¿De qué manera influye la inclusión de diferentes concentraciones de extractos de hojas de balsa (*Ochroma pyramidale*) sobre la germinación y respuesta morfológica de semilla de lechuga (*Lactuca sativa*)?

2. ANTECEDENTES

Ramos (2016), al evaluar la actividad fitoquímica de hojas de balsa documenta la presencia de flavonoides, leucoantocianidinas, esteroides, saponinas, taninos y fenoles, así como la ausencia de heterósidos cianogénicos, antraquinonas y alcaloides, sin embargo estos resultados se consideran variante debido a las condiciones climáticas de donde se desarrolló la investigación.

Guevara *et al.*, (2019), evaluaron la efectividad de un Bioherbicida a partir de extracto fenólico obtenido de residuos de almazaras documentaron la efectividad sobre la inhibición de la germinación de semillas, muestra que en concentraciones de 100 ppm (equivalentes de ácido gálico) aproximadamente sólo el 10% de las semillas germinaron.

Portugués-García *et al.*, (2020), al evaluar el efecto de efecto preemergente del extracto de *Pinus* sp., en *Arthraxon quartinianus* (A. Rich.), en invernadero muestra que los extractos de pino resulto negativo sobre la disminución del efecto inhibitorio de este extracto sobre diferentes arvenses.

Con tales antecedentes se pretende encaminar al desarrollo de un bioherbicida a partir de la utilización de materia prima de origen no alimenticio y de gran abundancia dentro del medio, siendo esto de interés para el desarrollo de una agricultura que sea sostenible en el paso del tiempo.

3. JUSTIFICACIÓN

La sostenibilidad y calidad de los suelos utilizados por la agricultura actual es uno de los objetivos que buscan mantener el equilibrio de agro-ecosistema con el que se ejecuten de la mejor manera cada una de las actividades productivas con las que se busque la obtención de productos saludables y libre de químicos, adicionalmente, se tiene que esto es de interés para la agroindustria debido a que se abastece de materias primas que presente un buen nivel de calidad.

El trabajo investigativo se desarrolló con la finalidad de crear un herbicida orgánico que presente un buen nivel de efectividad sobre las diferentes malezas que son consideradas como un problema en los diferentes cultivos que se desarrollan dentro del area productiva del cantón Chone, lo que a su vez se vincule con el aprovechamiento de los residuos de origen vegetal que se obtienen a partir de las actividades económicas ejercidas dentro de este sector, fomentando de manera directa al desarrollo de la agroindustria no alimentaria, considerando la importancia que esta tiene desde los diferentes sectores productivos que se ejecutan como parte de las actividades de subsistencia de las diferentes familias.

Desde este aspecto se encamina al desarrollo a las posibles soluciones de uno de los mayores problemas que se presentan entorno al ámbito agropecuario, los mismos que directamente han presentado repercusión sobre los rendimientos productivos de cultivos.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo General

Evaluar la actividad fitotóxica y tamizaje fitoquímico de los extractos de hojas de balsa (*Ochroma pyramidale*) para la producción de bioherbicidas.

4.2. Objetivos específicos

- Analizar la presencia de metabolitos secundarios y características químicas de extractos de hojas de balsa.
- Determinar el efecto fitotóxico de los extractos de hojas de balsa mediante pruebas *in vitro* en semillas de lechuga (*Lactuca sativa*).
- Establecer los parámetros de producción del bioherbicida a nivel de planta piloto.

5. HIPÓTESIS

La inclusión de diferentes concentraciones de extractos de hojas de balsa (*Ochroma pyramidale*) influye significativamente sobre la germinación y respuesta morfológica de semilla de lechuga (*Lactuca sativa*).

6. MARCO REFERENCIAL

6.1. La balsa

6.1.1. Descripción de la especie

Ochroma pyramidale o balsa es una especie tropical pionera, de rápido crecimiento y de interés comercial; pertenece a la familia Malvaceae y se desarrolla en altitudes que oscilan entre los 150 y 400 msnm, en suelos bien drenados y húmedos característicos de las selvas tropicales (Pérez, 2018).

La balsa (*Ochroma pyramidale*) es una especie forestal originaria de México, América del Sur y el Caribe. Ampliamente utilizada en la construcción de aviones, barcos,

cascos y cubiertas de los modelos de aviones y barcos a motor de alta velocidad más avanzados del mundo (Camacho *et al.*, 2018).

Una de las grandes ventajas que tiene esta especie es el rápido crecimiento de los árboles, su incremento medio anual de (10 a 25 m³/ha/año) y corto periodo de aprovechamiento, permite tener una fuente importante de madera en zonas tropicales, que ha ganado popularidad mundial, por la atracción y durabilidad de la madera, convirtiéndola en la primera especie exótica de exportación (González *et al.*, 2018).

Los árboles alcanzan una altura de 30 m. Sus troncos miden de 75 cm a 90 cm de diámetro y, a pesar de su rápido crecimiento, no son una especie peligrosa para el medio ambiente ni para la sociedad. La tala de estos árboles tarda 6 años en producirse, haciendo un corte transversal mostrando una estructura conformada por alveolos que son los que proporcionan la calidad y cualidad de ligereza útil que es aprovechada por los aeromodelistas, pese a que contiene esta cualidad presenta una resistencia y es utilizable en otras industrias (Hernández y Petroche, 2017).

Las exportaciones se realizan principalmente siguiendo la demanda externa ya que la demanda nacional es muy pequeña. En nuestro país, solo el 10% se utiliza para hacer artesanías caseras, mientras que el 90% se exporta principalmente a Estados Unidos y la Comunidad Económica Europea en forma de tableros, láminas, bloques y madera aserrada (Cabrera, 2019).



Imagen 1. Plantaciones de balsa.

6.1.2. Propiedades

Considerada una de las maderas más livianas del mundo, la balsa tiene una microestructura celular de la madera de balsa incluye un volumen muy importante de espacio vacío, lo que le otorga una mayor rigidez axial específica y resistencia en relación con otros materiales; también exhibe excelentes propiedades de absorción de energía debido a su densidad relativamente baja (Moncayo *et al.*, 2017).

Ochroma pyramidale, comúnmente conocida como balsa, guano, corcho, lana, pau de balsa y bois flot, es un colonizador importante para mejorar los bosques secundarios. Es una especie de árbol de rápido crecimiento que produce madera de muy baja densidad que se puede utilizar en juguetes, artesanías, chapas para interiores y aislamiento (Viera, 2020).

En relación a las características foliares de las hojas de balsa se describen se describen concentraciones de 185, 134, 50 y 10 $\mu\text{mol m}^{-2}$ para Fe, Mn, Zn y Cu. Del extracto etanólico de la madera se aislaron previamente ácidos grasos, esteroides, cumarinas y lignanos, sin embargo, las hojas, que son consideradas como material de desecho por la industria forestal, no han sido analizadas previamente. Este papel describe los metabolitos secundarios aislados de las hojas del árbol de balsa y las conformaciones preferidas de 8-C-b-D-glucopiranosilapigenina (vitexina), determinadas por modelado molecular (Marenco *et al.*, 2003).

6.1.3. La balsa en Ecuador

En el país Ecuador, se dispone de 27 millones de hectáreas aproximadamente, y de este total un 41% se encuentran protegidos por bosques, de estos bosques unos 6 millones de hectáreas son clasificados en el orden de bosques productores. En estos bosques se pueden utilizar de 25 a 50 metros cúbicos por hectárea, para un total de unos 245 millones de metros cúbicos, cifra que puede incrementarse a unos 2,6 millones de metros cúbicos con técnicas de forestación adecuadas (Lascano, 2021).

Las provincias de Esmeraldas, Los Ríos y Guayas dominan el sector del cultivo en balsa en el Ecuador. Debido a la naturaleza del clima, la balsa puede desarrollarse plenamente en estos lugares, ya sea a través de métodos naturales de dispersión de semillas o mediante la reforestación. El crecimiento de los volúmenes de producción y

exportación de esta vegetal estada dada por un incremento en las superficies de plantaciones sembradas durante los últimos años, logrando de esta manera expandirse a diferentes provincias del Ecuador, entre las que se encuentran Manabí, Santo Domingo y provincias del Oriente Ecuatoriano donde se han expandido este tipo de cultivos (Martínez, 2022).

Dentro de este aspecto, la cadena de valor de la balsa en Ecuador está dada por una alta competitividad en el mercado local e internacional, es así que durante el periodo del año 2020 el 77% de las exportaciones de balsa ecuatoriana se dirigieron a Asia, 12% a Europa y un 11% a países vecinos de América (Doumet *et al.*, 2021).



Imagen 2. Actividad comercial de la balsa en Ecuador

6.2. La teca

La teca (*Tectona grandis* L.f) es una especie forestal introducida de países asiáticos. Está adaptada a un clima tropical, compuesto por un período seco, de 3 a 5 meses de duración, y un período de lluvias, con unas precipitaciones anuales de 1.000 - 3.750 mm/año y una temperatura de entre 13 y 40°C, con condiciones óptimas de 25°C (Baez, 2018).

La madera de teca (*Tectona grandis* L.) es conocida en el mercado internacional por su durabilidad natural, estabilidad dimensional, propiedades físico-mecánicas y estética. En términos generales, la madera está constituida por diferentes estructuras celulares que, dependiendo de su configuración, realizan funciones específicas en la planta (Rodríguez *et al.*, 2018).



Imagen 3. Plantaciones de tecas

6.2.1. Propiedades de la hoja de teca

Presentan peciolos gruesos, bordes enteros, tamaños mayormente grandes, de color verde oscuro, con textura áspera en el haz y tomentosas en el envés. Así mismo, las hojas y ramas son opuestas, las panículas y ramas jóvenes son amarillas con hojas caducas. Botánicamente se describen como simples, de forma elíptica, opuestas desde 11 hasta 85 cm de largo y de 6 a 50 cm de ancho (Chacón, 2019).

La hoja es peciolada con forma desde ovalada-lanceolada hasta ampliamente ovalada, con ápice y base cuneiforme y borde entero o denticulado. De color verde brillante por el haz o cara superior de la hoja y verde más oscuro por el envés que presenta una textura áspera por ser densamente tomentosa y velluda. La red venosa de color más claro (Vaquero, 2018).



Imagen 4. Hoja de la teca

6.2. Compuestos fitotóxicos

Los compuestos fitotóxicos de las plantas son productos naturales que pueden reemplazar a los herbicidas y agroquímicos tradicionales, y sus efectos negativos sobre la resistencia de las malezas, la degradación del suelo y del medio ambiente y los organismos son cada vez más evidentes. Contribuye a la sostenibilidad de los sistemas de producción agrícola (Torres *et al.*, 2017).

Los compuestos bioactivos extraídos de los órganos de las plantas (hojas, raíces, flores, tallos y semillas) tienen potencial fitotóxico, lo que los convierte en candidatos a herbicidas biológicos. Informes como el uso de extractos metanólicos de rábano (*Raphanus sativus*) y colinabo (*Brassica napobrassica*) han mostrado efectos negativos en la germinación y vigor en los cultivos de lechuga (*Lactuca sativa*), tomate (*Solanum lycopersicum*) y arroz (*Oryza sativa*) (Cruz-Ortiz y Flores-Méndez, 2022).

6.3. Fitotoxicidad de productos de origen vegetal

Los productos naturales son una fuente importante de moléculas estructuralmente muy diversas que pueden abordar la aparición de resistencia, ya que en muchos casos, estos compuestos pueden exhibir múltiples modos de acción y actuar sobre múltiples objetivos simultáneamente, lo que hace que la resistencia sea más difícil de encontrar. Además, debido a su origen natural, son a priori más respetuosos con el medio ambiente, generalmente tienen vidas medias cortas y, por lo tanto, son más propensos a la degradación. Estos productos de origen natural pueden ser organismos vivos, como microorganismos, hongos o plantas, o moléculas derivadas de su metabolismo, como metabolitos secundarios, en procesos que generalmente son poco importantes para el organismo que los produjo, pero que le confieren ventajas adaptativas en los ecosistemas que desarrollan (López, 2021).

En el caso de las plantas, los efectos alelopáticos de las plantas-plantas están dados por funciones inhibidores sobre las funciones respiratorias, equilibrio hídrico, fotosíntesis, función estomálica, permeabilidad de la membrana, síntesis de las proteínas, conductancia de la agua y alteración de la actividad enzimática (Chaidez, 2019).

6.4. Procesos de maceración

La maceración es un proceso fisicoquímico complejo en el que se extraen los diferentes compuestos fenólicos, particularmente, antocianos y taninos, entre otras sustancias (aromáticas, nitrogenadas, polisacáridos y minerales entre otros) (Palomares, 2019).

Los procesos de maceración se caracterizan fundamentalmente por la baja presencia de residuos que contaminen al medio ambiente, debido a que únicamente existe una transformación del producto, más no se genera ningún residuo sólido, líquido, ni gaseoso que pueda afectar al medio ambiente (López y Rodríguez, 2016).

La obtención de los extractos con solventes está dada por la capacidad de solubilizar los principales compuestos activos, los cuales deben pasar de la muestra al solvente, de tal manera que se obtiene un extracto líquido, para posteriormente concentrar la muestra eliminando la menor o mayor cantidad del solvente utilizado durante el proceso de maceración (Flores y Ticona, 2019).

6.4.1. Maceración en frío

La maceración en frío se basa en la introducción de las materias primas (frutas, vegetales o hierbas) en un envases de vidrio ambar o incoloro dependiendo del material a macerar; en el mismo se adiciona el solvente (alcohol, metanol, etc) por un determinado tiempo en que se desprenden compuestos aromáticos (Pineda, 2019).



Imagen 5. Maceración de material vegetal en frío.

6.5. Rotoevaporación

Los métodos de rotoevaporación es un proceso que se realiza en un equipo rotovaporador que mediante la destilación a vacío, la cual permite la evaporación rápida del disolvente de una disolución, recuperando el soluto (líquido o sólido). Por lo general se utilizá una trompa o una bomba de membrana o de vacío. Es importante conocer el punto de ebullición del disolvente a eliminar para que el baño maría no se sobrecaliente. Si el producto a separar es un líquido, también se debe conocer su punto de ebullición para que no se evapore con el solvente (Cushquicushma, 2018).

La técnica del evaporador rotatorio también se está utilizando para aplicaciones industriales a gran escala, como concentración, secado, recristalización, síntesis, purificación de solventes y reciclaje y destilación en las industrias farmacéutica, química y alimentaria. La evaporación rotatoria también es rápida y suave, con una evaporación a menor temperatura y menos descomposición térmica (Asghar *et al.*, 2020).



Imagen 6. Rotoevaporación de extractos.

6.6. Tamizaje fotoquímico

El cribado fotoquímico consiste en obtener extractos de plantas utilizando disolventes como agua, acetona, alcohol, cloroformo y éter. Otro solvente, el diclorometano, se usa exclusivamente para la extracción de terpenoides. Posterior a la obtención de los extractos se efectúan reacciones de coloración las cuales son reacciones

sensibles, reproducibles y de bajo costo. Los resultados de las reacciones son reportados como (+) o (-) para el metabolito de que se trate (Tituaña y Zurita, 2020).

Los estudios fitoquímicos han permitido cribar e identificar metabolitos secundarios, principalmente fenólicos, como flavonoides, antocianinas, taninos, hidrolizables y condensables, y derivados de los ácidos hidroxibenzoico e hidroxicinámico. Muchos de estos ingredientes muestran actividades biológicas significativas como antioxidantes, antibacterianas, antiinflamatorias y vasodilatadoras (Plaza, 2015).

6.7. Compuestos de los metabolitos secundarios

Los compuestos de los metabolitos secundarios no tienen una función reconocida en los procesos fisiológicos fundamentales de los organismos que lo sintetizan. La evidencia de regulación de los metabolitos en los productos juega un papel de gran importancia en la supervivencia de las especies vegetales. La presencia de este tipo de metabolitos está limitada por factores como las familias, razas o especies, no obstante, en mucho de los casos las condiciones del entorno tienden a modificar la presencia de alguno de los compuestos (Huisa, 2021).

Los metabolitos secundarios de las plantas juegan un papel fundamental en el funcionamiento del ecosistema y contribuyen en gran medida a la diversidad fotoquímica (Couture *et al.*, 2016), considerando que no solo son una variedad útil de productos naturales, sino también una parte importante del sistema de defensa de las plantas contra los ataques patógenos y las tensiones ambientales debido a la actividad biológica (Brouard, 2020).

Los metabolitos secundarios están compuestos por derivados de las rutas de las biosíntesis de metabolismo primario de carbono de plantas, que se encuentran en el citoplasma de la diversidad de células vegetales. Los MS, a diferencia de los metabolitos primarios, tienen una distribución diferente en el reino vegetal porque se sintetizan en pequeñas cantidades y se sintetizan de manera específica, determinada por el género, familia o especie vegetal (Hernández *et al.*, 2018).

6.7.1. Flavonoides

Los flavonoides son sustancias fenólicas hidroxiladas que las plantas suelen sintetizar en respuesta a infecciones microbianas, y la actividad antibacteriana de los flavonoides puede deberse a su capacidad para formar interacciones proteicas con proteínas intracelulares y sus interacciones con las paredes celulares bacterianas (Rodríguez *et al.*, 2017).

Los flavonoides tienen como característica la presencia de un bajo peso molecular, en las plantas las principales funciones están dadas como antioxidantes antimicrobianos, fotorreceptores, repelentes y protectores de la luz. No obstante, se documenta que la función de este tipo de compuesto está vinculada con la inhibición de la actividad biológica, farmacológica, antioxidante, antiviral, antibacterial, cardioprotectora, neuroprotectora, y antiamebial (Álvarez, 2020).

Los flavonoides son metabolitos secundarios, un grupo muy amplio de compuestos polifenólicos, caracterizados por estructura benzo- γ -pirano, distribuidos en el reino vegetal, comúnmente encontrados en plantas vasculares, en forma de glucósidos; comunes en semillas, raíces, frutos, hojas, tallos y flores. Los flavonoides también son ecológicamente relevantes y tienen una variedad de efectos, como polinización, estimuladores de la puesta de huevos y defensa contra microorganismos e insectos (Colina, 2016).

Los flavonoides son compuestos fenólicos que se encuentran ampliamente en la naturaleza y son responsables del buen funcionamiento de las plantas, y sus beneficios para la salud humana han sido bien documentados en varios estudios. Uno de ellos es su conocida capacidad antioxidante, siendo utilizados para el tratamiento de enfermedades relacionadas con procesos inflamatorios y enfermedades cardiovasculares porque mejoran la circulación periférica, la movilización del colesterol y reducen la fragilidad capilar. También se han documentado sus actividades hepatoprotectoras, antialérgicas, antitrombóticas, anticancerígenas, antibacterianas y antifúngicas. (Vásquez, 2015).

Los investigadores han demostrado que la fitotoxicidad de los compuestos fenólicos está correlacionada y puede variar de acuerdo con su contenido lipofílico, probablemente debido a su capacidad para atravesar membranas biológicas (Bouknana *et al.*, 2019).

6.7.2. Alcaloides

Los alcaloides son sin duda los metabolitos secundarios más conocidos, ya que dentro de este grupo se encuentran compuestos químicos como la nicotina y la cafeína, y también es el grupo más numeroso con alrededor de 5000 compuestos conocidos. Estos compuestos se caracterizan por contener sustancias orgánicas ricas en nitrógeno que tienen algunos efectos fisiológicos positivos o negativos sobre otros organismos (Reyes *et al.*, 2017).

Los alcaloides son compuestos nitrogenados, generalmente heterociclos básicos, con diversas actividades biológicas. Las especies del género *Desmodium* pueden contener alcaloides tales como salsolina, salsolidina (tetrahidroisoquinolinas), derivados de β -fenetilaminas y derivados de triptamina. En *Desmodium gyrans* fueron identificados 2 alcaloides, uno de estructura isoquinolínica (1-[(3,4-dietoxifenil) metil]-6,7-dietoxi-isoquinolina) y el otro pirazolinico (3,4-dimetil-4-nitro-2-pirazolina-5-ona) (Reginfo, 2018).

6.7.3. Saponinas

Las saponinas son metabolitos secundarios que pertenecen al grupo de glucósidos en las que se incluyen a todas las sustancias constituidas por azúcares en formas de acetales, que contienen un núcleo lipofílico que puede presentar una estructura esteroide o triterpenoide vinculado a una o dos cadenas de carbohidratos. Las saponinas son denominadas sustancias químicas conocidas como fotoquímicos de una de las numerosas estructuras que se encuentran en fuentes de origen natural y que dan como resultado sustancias espumosas cuando se agitan en soluciones (Marruffo, 2019).

Las saponinas son consideradas como parte del sistema de defensa de las plantas debido al efecto antimicrobiano e insecticida que en muchos de los casos prevalece de acuerdo a la especie vegetal, además de la descripción de efectos insecticida, antiprotozoaria, antiinflamatorio, leishmanicida, anti-trichomonas, anti-agregante plaquetario y broncolítico (Mendoza, 2019).

6.7.4. Taninos

Los taninos son compuestos polifenólicos que comúnmente se encuentran presentes como metabolitos secundarios en las diferentes especies vegetales. De acuerdo con la estructura química que presenta este tipo de compuestos se dividen en dos grupos hidrolizables y condensados. Los taninos hidrolizables son ésteres de ácido gálico y ácido elágico glicosilados y los taninos condensados o proantocianidinas son polímeros de flavan-3-ol y/o flavan-3,4-diol. De acuerdo con la estructura química de los taninos presentan diferentes efectos farmacológicos tales como antioxidante y antimicrobiano, con actividad frente a *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pneumoniae*, *Bacillus anthracis* y *Shigella dysenteriae* y efecto cicatrizante (Reginfo, 2018).

De acuerdo con las denominaciones descritas anteriormente los taninos son considerados como sólidos amorfos que pueden disolverse en agua (forman soluciones coloidales) en disolventes orgánicos polares (acetona, alcohol, glicerol) y en disolventes orgánicos apolares (éter etílico, cloroformo). El uso de los taninos está limitado debido a la presencia de propiedades picantes intermitentes, a pesar del efecto antiinflamatorio, antiséptico e impermeabilizan externamente las capas periféricas de la piel (exfolian la piel) membranas mucosas (Huisa, 2021). Los taninos actúan como protectores del ataque de insectos y hongos, por eso tienen propiedades bactericidas y bacteriostáticas (Colina, 2016).

6.7.6. Azúcares reductores.

Los azúcares reductores poseen un grupo carbonilo en su estructura. Este grupo puede actuar como aldehído o como cetona, según su ubicación en la estructura principal del azúcar. Se le llama azúcar reductor debido a su capacidad para reducir otros compuestos, lo que ocurre debido a la alta reactividad del doble enlace del oxígeno. En el caso de las plantas, este tipo de compuestos, además de ser los encargados de proporcionarles energía, también juegan un papel muy importante en el proceso de fotosíntesis (Granja, 2019).

Poseen grupos carbonilo intacto que puede reaccionar como reductores con otras moléculas que actúan como antioxidantes. Estas propiedades permiten efectuar una determinación de las concentraciones de azúcares midiendo la cantidad del agente oxidante que es reducido (Ramos, 2019).

6.7.7. Cumarinas

Son benzo- α -pironas, que son compuestos de gran utilidad en la plantas como en las raíces, flores y frutos. Se clasifican según genin hidroxycumarinas, furanocumarinas y piranocumarinas, las cuales se presentan como heterópsidos. En el caso de las hidroxycumarinas se caracterizan por ser solubles en disolventes orgánicos como éter, cloroformo alcoholes; las furanocumarinas y piranocumarinas se disuelven con facilidad en compuestos orgánicos apolares (éter etílico, cloroformo) heterósidos son solubles en agua ácido clorhídrico (Huisa, 2021).

Se cree que la cumarina es un metabolito secundario sintetizado a través de la acción del ácido shikímico, o más comúnmente su forma aniónica ácido shikímico, un metabolito intermedio a través de la función metabólica del ácido. Estos metabolitos muestran un espectro ultravioleta (UV) característico, fuertemente influenciado por la naturaleza y profundamente alterado en medios alcalinos. La mayoría de las cumarinas populares se encuentran libres en las plantas y a menudo presentes en cualquier órgano de la planta, desde las raíces hasta las flores y los frutos (Mora, 2021).

6.8. Evaluación *in vitro*

La expresión "cultivo de plantas *in vitro*" se refiere al cultivo de plantas en frascos de vidrio en un ambiente artificial. Esta forma de cultivar las plantas tiene dos características básicas: la esterilidad (libre de gérmenes, etc.) y el control de los factores que afectan el crecimiento. La micropropagación, o propagación clonal, es una de las aplicaciones más extendidas del cultivo *in vitro*. A través de la micropropagación se obtiene una progenie uniforme, plantas genéticamente idénticas, a partir de fragmentos (explantos) de la planta madre, llamados clones (Castillo, 2004).

6.9. Balances de materia

El balance de masa estudia la distribución de todos los materiales utilizados en el proceso de obtención de productos, subproductos y residuos. Además, debido a los altos costos energéticos actuales, el uso y distribución de la energía es muy importante. Sin embargo, los procesos son una industria de consumo intensivo de energía y motivo por el cual se están realizando esfuerzos para minimizar el uso de este recurso, y se espera

que la conservación de energía sea un tema más importante en el futuro de lo que es ahora (Monsalvo *et al.*, 2014).

6.10. Diagramas de flujo

Los diagramas de flujo son una forma de expresar de manera gráfica ciertos datos importantes para una empresa, es decir muestran cómo se desarrolla un proceso con la graficación de los pasos de forma secuencial y evitando cometer errores, y si así fuera el caso tratando de corregirlos. Es así un problema es más fácil que se resuelva si se tiene todos los pasos para e llegar a la solución (Gonzalez, 2019).

7. DISEÑO METODOLÓGICO

7.1. Localización

La investigación se la realizó en el la Facultad de Ciencias Zootécnicas en el laboratorio de Microbiología, bromatología, Química y Biología. Con la finalidad de contrastar los resultados de los efectos alelopáticos de hojas de la balsa se efectuó una comparación con los extractos de hojas de teca, los cuales previamente han reportado efectos alelopáticos en semillas de lechuga (Espejo *et al.*, 2010).

7.2. Recolección de la materia prima

La recolección de la materia prima vegetal se la efectuó de forma aleatoria de diferentes arboles de la mismas especie; se recolectaron hojas de los predios del sitio San Andrés del cantón Chone durante el mes de Julio, con las siguientes coordenadas 0°39'41''S y 80°03'02'' W. El área cuenta con una temperatura promedio de 24 a 29 °C con un total de Las hojas fueron recolectadas se colocaron a deshidratar a temperatura ambiente, bajo sombra por un periodo de 72 horas.



Figura 1. Localización del área de recolección del material vegetal.

7.3. Maceración del material vegetal

Se evaluó la presencia de compuestos químicos de manera cualitativa mediante la aplicación de tamizajes fitoquímico, en las que se identificaron los metabolitos secundarios presente en las hojas de balsa. Previo al desarrollo del tamizaje las muestras de las especies vegetales se colocaron a maceración en alcohol al 96 % en diluciones de 1:10 (1 gramo del materia vegetal; 10 mL de alcohol); previo a ello se efectuó una reducción del tamaño de la hoja de forma manual con la finalidad de obtener una mayor extracción de los metabolitos disponibles en el material vegetal. El proceso de maceración se lo desarrolló a temperatura ambiente en un lugar oscuro libre de los rayos del sol, por un periodo de 92 horas.

Posteriormente se procedió a efectuar un filtrado del producto de la maceración; para ello se colocó un embudo con un papel filtro sobre un vaso de precipitación de capacidad de 500 mL.

7.4. Concentración.

La concentración se efectuó mediante la utilización de un rotovaporador de la marca DLAB., modelo RE100-Pro. Se inició con la preparación e instalación del equipo. Se pesó el balón que se colocó las muestras del material vegetal para determinar las diferencias de pesos específicos y determinar las concentraciones de mg.mL en función al volumen colocado a rotoevaporar. La rotovaporación se lo efectuó a temperatura de 45 °C con una presión atmosférica 175 mbars Se efectuó una identificación de los siguientes compuestos:

7.5. Tamizaje fitoquímico

7.5.1. Saponinas

Fueron determinadas cualitativamente mediante la utilización de un tubo de ensayo en el que se colocó un (1) mL del extracto y cinco (5) mL de agua destilada se agitó manualmente por 10 minutos. El resultado esperado es la formación de espuma, si se mantiene por dos (2) minutos el resultado es positivo.

7.5.2. Alcaloides

En un tubo de ensayo se colocó un (1) mL de extracto de extracto y tres (3) gotas cloruro férrico (FeCl_3) en concentraciones al 5% m/v, se esperó el cambio de coloración de manera inmediata, para que sea positivo la reacción debe presentar un color rojo vino, azul o amarillo verdoso.

7.5.3. Fenoles

Para la determinación cualitativa de fenoles, en un tubo de ensayo se colocó un (1) mL de extracto y seis (6) gotas de hidróxido de sodio (NaOH) al 10% m/v, el tiempo de reacción es inmediato en el cambio de coloración, si se observa un color azul la muestra es positiva.

7.5.4. Taninos

En un tubo de ensayo se colocó un (1) mL de extracto de extracto y tres (3) gotas cloruro férrico (FeCl_3) en concentraciones al 5% m/v, se esperó el cambio de coloración de manera inmediata, para que sea positivo la reacción debe presentar un color rojo vino, azul o amarillo verdoso.

7.5.6. Flavonoides

La determinación, se realizó empleando el método Shinoda. Para ello, en un tubo de ensayo se colocó un (1) mL de extracto, se colocó la viruta de magnesio y un (1) mL de ácido clorhídrico (HCl) concentrado, se esperó por cinco (5) minutos la reacción, luego se añadió un (1) mL de alcohol isoamílico. El resultado esperado del ensayo, se considera

positivo cuando el alcohol isoamílico se colorea de rojo carmelita (+ poca presencia), naranja carmelita (++ mediana presencia) y verde carmelita intenso (+++ alta presencia).

7.5.7. Azúcares reductores

Este análisis se realizó en espera de un resultado positivo de acuerdo al material vegetal que se está trabajando, se realizó por el método de Bennedict, en un tubo de ensayo se colocaron 0,5 mL de extracto, se le añadió el reactivo de Bennedict hasta que se obtuvo una coloración azul y se llevó a baño maría durante 10 minutos, hasta alcanzar una temperatura de 60°C. El cambio de coloración a marrón indica una mayor presencia de azúcares reductores. La calificación asignada al término de cada prueba fue: +: Hubo reacción / reacción positiva -: No hubo reacción / reacción negativa.

7.5.8. Catequinas

Para la determinación de las catequinas se tomó una gota de las fracciones de cada uno de los extractos y se colocaron sobre un papel filtro. Sobre la mancha se aplicó una solución de carbonato de calcio. La aparición de una mancha verde carmelitana a la luz UV indica que es un ensayo positivo.

7.6. Contenido fenólico total de los extractos

Para el cálculo del contenido fenólico total de los extractos dese siguieron los siguientes procedimientos:

- Se realizaron las determinaciones de contenido fenólico de a partir de la curva de calibración de ácido gálico, obtenida de acuerdo a las siguientes diluciones: (5, 25, 50, 75, 100, 125, 150) mg/L.
- Se tomaron 200 µL de la muestra,
- Se adicionan 1.5 ml de agua destilada, y 100 µL del reactivo Folin-Ciocalteu, para dejarlo reposar por 5 minutos.
- Seguido se le agregaron 200 µL de Carbonato de sodio al 20%. La solución se deja reposar por 30 minutos a temperatura ambiente en la oscuridad.

La absorbancia de las muestras o estándares fue medida con un espectrofotómetro de la Marca GENESYS 180 de UV-visible a una longitud de onda de fueron de 725 nm

Para el cálculo del contenido fenólico total se siguió la ecuación:

$$CFT = \frac{C * V}{M}$$

Donde:

CFT: Contenido fenólico total (mg GAE/g de muestra seca)

C: Es la concentración de ácido gálico estabilizada por la curva de calibración en mg/L

V: Es el volumen de la muestra en mL

M: El peso de la muestra en gramos

7.7. Evaluación de efecto fitotóxico *in vitro* de los extractos de hojas de balsa y teca.

El desarrollo de las pruebas *in vitro* se efectuó en cultivos de lechuga (*Lactuca sativa*) mediante ensayos de inhibición del crecimiento, para ello se utilizaron semillas certificadas de la empresa Agrícola Santo Domingo las cuales se colocaron en cubetas de germinación de plástico en donde se colocó un total de 20 semillas por cada replica. Las semillas fueron sembradas en sustrato orgánico proveniente de los viveros Nevares de San Andrés. Cada uno de estos parámetros se los evaluó en periodos de tiempos de 24 horas hasta alcanzar un periodo de 120 horas (cinco días).

Para cada uno de los tratamientos se evaluaron las variables:

Numero de semillas germinadas (NSG): en cada tratamiento se cuantifico el total de semillas germinadas. De acuerdo con lo descrito por Espejo *et al.*, (2010), Las semillas se consideraron germinadas cuando la protrusión radicular supero los 2 mm.

Porcentaje de germinación (% G): El porcentaje de germinación de las semillas se lo efectuó mediante la siguiente ecuación.

$$\%G = \frac{\text{Número de platas emergidas}}{\text{Número de semillas sembradas}} \times 100$$

Índice de respuesta alelopática (IRA): el cálculo de este parámetro se lo efectuó mediante la ecuación planteada por Wang *et al.*, (2006) y Espinosa (2007). Este índice muestra cómo se comporta la germinación al aplicar el extracto. Cuando G_M es mayor o igual a la del testigo, se aplica la primera fórmula; en el caso contrario, se aplicará la segunda. De acuerdo con lo descrito por Espejo *et al.*, (2010), este tipo de cálculos define el efecto provocado por el extracto; Si el índice es mayor que cero, se evidencia la existencia de una estimulación en la germinación; si el mismo es menor que cero, el extracto produjo inhibición.

Si $G_M > G_T$ entonces:

$$IRA = 1 - \left[\frac{G_T}{G_M} \right]$$

$G_M < G_T$ entonces:

$$IRA = \left[\frac{G_M}{G_T} \right] - 1$$

Donde:

G_T : Germinación del testigo.

G_M : Germinación de la muestra

7.7.1. Evaluación de los parámetros morfológicos de las plántulas de lechuga.

Para la evaluación de los parámetros morfológicos de las plántulas de lechuga se escogió aleatoriamente cinco plantas de cada una de los tratamientos en estudio, las mismas que fueron seleccionadas aleatoriamente. Las medidas de la longitud de la radícula, hipocotilo y de los cotiledones se las efectuó acorde al esquema de plántula de *Lactuca sativa* (Figura 6), para efectuar las medidas de cada uno de estos parámetros se utilizó una hoja milimetrada A4 con capacidad de medida de 30 cm. Las pruebas de toxicidad de semillas se las efectuó siguiendo las recomendaciones descritas por Castillo (2004).

Longitud de la radícula (LR): la longitud de la radícula se la midió desde el nudo que une la radícula con el Hipocotilo hasta el extremo de la radícula.

Longitud del Hipocotilo (LH): Para las medidas de la elongación del hipocotilo se considera desde el nudo hasta el sitio de inserción de los dos cotiledones.

Longitud de los cotiledones (LC): la longitud de los cotiledones se la midió desde el sitio de inserción de los cotiledones hasta extremo de los cotiledones.

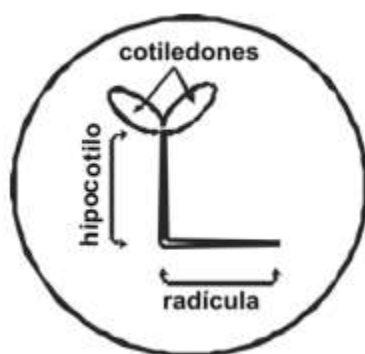


Figura 2. Esquema de plántula de *Lactuca sativa*

7.8. Formulaciones

Se utilizó un Diseño experimental completamente al azar, con arreglo bifactorial, en donde se tuvo como factor A las fracciones etanólicas y acuosas y factor B las tres concentraciones. Se aplicaron dos tratamientos control (control con etanol: (25 ml de agua destilada y 25 ml etanol) y control agua con agua destilada. Para efectuar cada una de las diluciones se consideró las concentraciones de cada una de las fracciones provenientes la rotoevaporación.

Para la determinación de la eficiencia de los extractos de la hoja de balsa se utilizarán tres concentraciones como se describe en la tabla 1.

Tabla 1. Formulaciones.

Tratamientos	Código	Concentración mg/L	Replicas	Unidad experimental
0	Control H ₂ O	Control 100% Agua.	5	20
1	Control etanol	Control 25 ml de agua, 25 ml etanol	5	20
2	EAB-D1	Fracción acuosa de balsa 500 mg/L	5	20
3	EAB-D2	Fracción acuosa de balsa 1500 mg/L	5	20
4	EAB-D3	Fracción acuoso de balsa 2500 mg/L	5	20
5	EAT-D1	Fracción etanólica de balsa 500 mg/L	5	20
6	EAT-D2	Fracción etanólica de balsa 1500 mg/L	5	20
7	EAT-D3	Fracción etanólica de balsa 2500 mg/L	5	20
8	EEB-D1	Fracción acuoso de teca 500 mg/L	5	20
9	EEB-D2	Fracción acuoso de teca 1500 mg/L	5	20
10	EEB-D3	Fracción acuoso de teca 2500 mg/L	5	20
11	EET-D1	Fracción etanólica de teca 500 mg/L	5	20
12	EET-D2	Fracción etanólica de teca 1500 mg/L	5	20
13	EET-D3	Fracción etanólica de teca 2500 mg/L	5	20

7.9. Parámetros de producción del bioherbicida a nivel de planta piloto.

Para el establecimiento de los parámetros de producción de los bioherbicidas a nivel planta piloto se efectuó un balance de los rendimientos de cada una de las especies vegetales por medio del desarrollo de un balance de masa. Posterior a ello se desarrolló un diagrama de flujo para la producción a nivel industrial en función a cada uno de los procesos de rotovaporación.

7.10. Análisis estadísticos

Se efectuaron análisis estadísticos mediante la utilización del programa estadístico InfoStat. Este proceso se lo efectuó para las variables número de semillas germinadas, % de semillas germinadas, índice de respuesta alelopática y variables morfológicas de las plántulas de lechuga. Se aplicaron pruebas de comparación de medias ANOVA y posterior comparación de medias de Tukey con un intervalo de confianza del 95%.

8. RESULTADOS

Realizados los ensayos para la determinación de metabolitos secundarios de los extractos acuosos y etanólicos de las hojas de balsa y teca se obtuvieron los siguientes resultados:

8.1. Determinación de los metabolitos secundarios

Tabla 2. Metabolitos secundarios de las hojas de balsa y teca.

Metabolitos	Teca		Balsa	
	Fase Acuosa	Fase Etanólica	Fase Acuosa	Fase Etanólica
Saponinas	+	-	+++	+++
Taninos	+++	+++	+++	+++
Flavonoides	+	+++	++	++
Azucares reductores	+++	+++	+++	+++
Catequinas	+++	+	++	+
Alcaloides	+++	-	++	-

(-) Ausencia; (+) Presencia leve; (++) Presencia notable; (+++) Presencia cuantiosa.

Los resultados de la caracterización de metabolitos secundarios de los extractos de hojas de teca y balsa mostró una presencia notable de sustancias antinutricionales en ambos extractos. En cuanto al contenido de saponinas los resultados mostraron una mayor presencia de este tipo de compuestos en los extractos de balsa (Acuosa y etanólica). De acuerdo con lo expuesto por Chacón (2019), al evaluar la presencia de saponinas en hojas de balsa describe una reacción leve de saponinas en este tipo de plantas, aseverando que las saponinas son compuestos solubles en agua y medios grasos, siendo además térmicamente estables.

La valoración cualitativa de taninos y de azúcares reductores mostró una presencia cuantiosa (+++) en cada uno de las fases provenientes de las rotoevaporaciones de cada uno de los extractos de hojas de balsa y teca. No obstante, Álvarez *et al.*, (2018) al evaluar la presencia de metabolitos secundarios en las hojas de teca muestra una presencia notable de taninos y la ausencia de azúcares reductores en extractos alcohólicos.

La determinación cualitativa de los flavonoides mostró como resultado que la fase etanólica de la hoja de teca presentó una presencia cuantiosa presencia leve en la fracción acuosa, en tanto que los extractos de hojas de balsa muestra una presencia notable de flavonoides, concordando con los resultados expuestos por Ramos (2016), en donde describe una presencia notable (++) de flavonoides en las mezcla orgánica de cloroformo/etanol en relación de 3:2.

La evaluación cualitativa de catequinas mostró una presencia cuantiosa en la fase acuosa del extracto de teca, en tanto que la fase etanólica de las hojas de ambas especies los resultados mostraron una presencia leve (+), no obstante, estos resultados difieren de los documentados por Tituaña y Zurita (2020), donde describe una presencia cuantiosa en la fase etanólica y ausencia en los extractos acuosos y etéreos.

La determinación cualitativa de los alcaloides mostró una mayor presencia en la fase acuosa de las hojas de Teca, no así en la balsa donde se obtuvo una presencia notable. Por su parte, la fase etanólica de ambas especie presentó ausencia de alcaloides en los extractos. Ramos (2016), al efectuar una caracterización de hojas de balsa describe como resultado la ausencia de alcaloides al efectuar la extracción por cloroforma.

8.2. Determinación del contenido fenólico de los extractos de hojas de balsa y teca

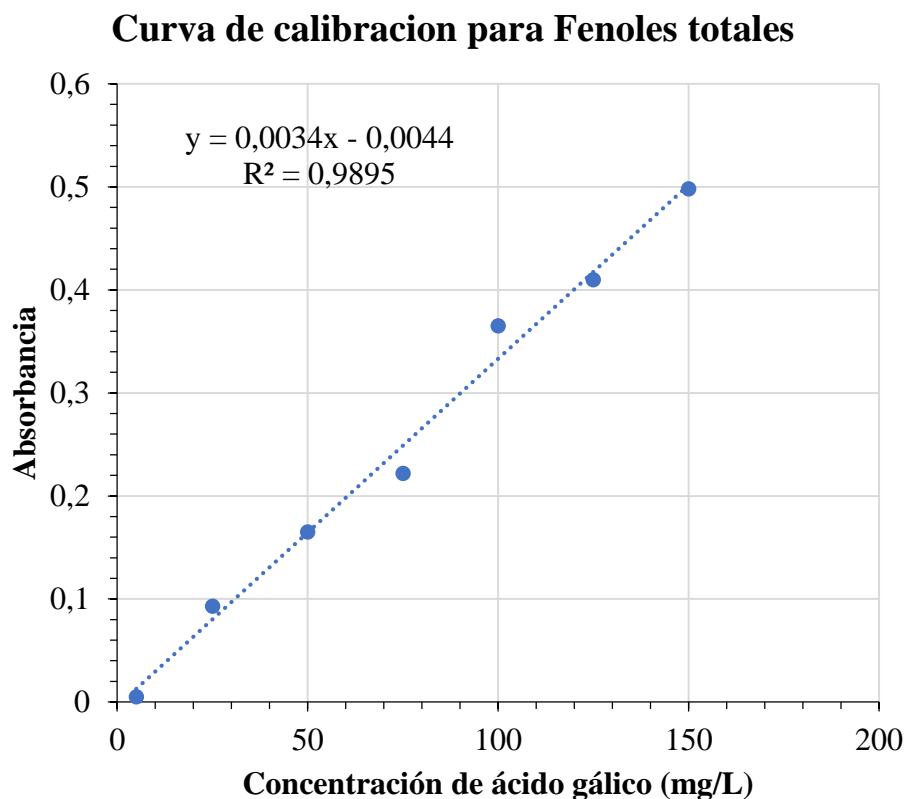


Figura 3. Curva de calibración para Fenoles totales

Los resultados de la figura 7 muestran los resultados obtenidos a partir de las lecturas de absorbancia con las diferentes concentraciones del de ácido gálico (mg/L). Como se puede apreciar, los resultados muestran una línea de tendencia positiva con una R^2 de 0,9895, presentando un aumento proporcional de las absorbancia al aumentar el ácido, alcanzando un total de 0,50 % a una concentración de 150 mg/L.

Desde este aspecto, estudios realizados por Álvarez *et al.*, (2018), al efectuar un análisis para la determinación de compuestos fenólicos por el método de FOLIN CIOCALTEU describe como resultado la presencia de cantidades significativas de compuestos fenólicos, encontrando una amplia relación con la capacidad antioxidante de este tipo de extractos con valores de R^2 de 0,9895, describiendo una concentración de 10,70 mg de ácido gálico por g del extracto.

8.3. Contenido fenólico para extractos etanólicos *Teca* y *balsa* estabilizado por la curva de calibración.

Tabla 3. Contenido fenólico para extractos etanólicos *Teca* y *balsa* estabilizado por la curva de calibración.

Muestra	Absorbancia 725 nm.	Muestra	Absorbancia 725 nm.
Teca Fracción etanólica	0,03 ^a	Balsa Fracción etanólica	0,30 ^a
Teca Fracción acuosa	0,81 ^b	Balsa Fracción acuosa	0,49 ^b
p-valor	<0,0001	p-valor	0,0002

a, b, c, medias con una letra común en cada columna no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

De acuerdo con los resultados del contenido fenólico de los extractos etanólico y acuoso de la hoja de teca muestra una mayor prevalencia de fenoles en la fracción acuosa con un contenido de 0,81.

De acuerdo con los resultados de la evaluación del contenido de fenólico para los extractos de hoja de la balsa muestran diferencias estadísticas entre cada una de ellas. En este caso los resultados muestran una mayor absorbancia en el extracto acuoso con un valor de 0,49.

Por su parte, Álvarez *et al.*, (2018), al evaluar la absorbancia de extractos de hoja de teca describen como resultado una absorbancia de 0,035 en la fracción etanólica del extracto a una absorbancia de 517 nm.

8.4. Contenido de Fenoles Totales equivalente a ácido gálico para los extractos etanólicos de *Teca* y *balsa*

Tabla 4. Contenido de Fenoles Totales equivalente a ácido gálico para los extractos etanólicos de *Teca* y *balsa*

Muestra	mg Equivalente de ácido gálico / g de muestra seca	Muestra	mg Equivalente de ácido gálico / g de muestra seca
Teca Fracción etanólica	10,41 ^a	Balsa Fracción etanólica	90,99 ^a
Teca Fracción acuosa	80,90 ^b	Balsa Fracción acuosa	147,14 ^b
p-valor	<0,0001	p-valor	0,0002

^{a, b, c}, medias con una letra común en cada columna no son significativamente diferentes

($p > 0,05$)

En lo que respecta al contenido de fenoles totales de la hoja de teca en sus dos fracciones dio como resultado una mayor concentración de fenoles en la fracción acuosa con un valor de 80,90 mg equivalente de ácido gálico /g de muestra seca, en tanto que para la fracción etanólica la concentración fue de 10,41.

Los resultados del contenido de fenoles totales equivalentes a ácido gálico de los dos tipos de extractos de la hoja de balsa se obtuvo que diferencias estadísticas entre cada uno de ellos, mostrando una mayor presencia en el extracto acuso con una media de 147,14 mg equivalente de ácido gálico por g de muestra seca.

Estudios realizados por Perdomo (2009), al efectuar la caracterización del contenido de polifenoles en las hojas de balsa describe como resultado un contenido de $70,97 \pm 0,94$ (mg CATE/g) en el extracto acuoso, en tanto que en los extractos hidroalcoholicos los resultados muestran un contenido de $138,63 \pm 1,32$ (mg CATE/g).

8.5. Resultados de la evaluación *in vitro*

Tabla 5. Numero de semillas germinadas.

Tratamientos	24_h	48_h	72_h	96_h	120_h
Control H ₂ O	5 ^d	18 ^{de}	20 ^e	20 ^e	20 ^e
Control etanol	4 ^d	17 ^{de}	18 ^{de}	18 ^{de}	18 ^{de}
EAB-D1	4 ^d	19 ^e	20 ^e	20 ^e	20 ^e
EAB-D2	4 ^d	18 ^{de}	19 ^{de}	19 ^{de}	19 ^{de}
EAB-D3	3 ^c	9 ^{abc}	9 ^{abc}	9 ^{abc}	9 ^{abc}
EAT-D1	3 ^c	15 ^{cde}	15 ^{cde}	15 ^{cde}	15 ^{cde}
EAT-D2	4 ^d	11 ^{abc}	11 ^{abcd}	11 ^{abcd}	11 ^{abcd}
EAT-D3	3 ^c	15 ^{cde}	15 ^{cde}	15 ^{cde}	15 ^{cde}
EEB-D1	3 ^c	12 ^{bcde}	12 ^{bcde}	12 ^{bcde}	12 ^{bcde}
EEB-D2	2 ^a	13 ^{bcde}	13 ^{bcde}	13 ^{bcde}	13 ^{bcde}
EEB-D3	3 ^c	9 ^{abc}	9 ^{abc}	9 ^{abc}	9 ^{abc}
EET-D1	2 ^a	7 ^{ab}	7 ^{ab}	7 ^{ab}	7 ^{ab}
EET-D2	2 ^a	8 ^{abc}	9 ^{abc}	9 ^{abc}	9 ^{abc}
EET-D3	1 ^a	4 ^a	4 ^a	4 ^a	4 ^a
p-valor	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
D.E.	±1,10	±2,00	±1,00	±1,00	±1,00

a, b, c, medias con una letra en común dentro de la misma columna no son significativamente diferentes ($p>0,05$).

Los resultados de la evaluación *in vitro* de los extractos de hojas de balsa y extractos de hoja de teca muestran como resultados diferencias significativas entre los tratamientos en estudio. Durante las primeras 24 horas se obtuvo una mayor germinación en los extractos que contenían las fracciones acuosos de teca y balsa, alcanzando resultados que oscilaron entre tres y cuatro semillas. En tanto que los tratamientos que incluyeron los extractos etanólicos presenciaron una menor germinación con un total de 2 semillas promedio en los extractos etanólico de hojas de balsa y una semilla en el tratamiento EET-D3.

Hasta las 120 horas los resultados presenciaron un aumento en la germinación en los tratamientos control y en los que incluyeron las tres concentraciones de extracto acuoso de ambas plantas. En tanto que en aquellos en los que se incluyó las concentraciones de extracto etanólico mostraron una menor germinación en el tratamiento que incluyó la máxima concentración del extracto etanólico de teca (EET-D3), asociado con la presencias de metabolitos secundarios y resinas que presentan efectos aleloquímicos.

Estos resultados coinciden con los descritos por Edwina y Leela, (2021), donde al evaluar diferentes concentraciones de extracto acuoso de hoja teca a diferentes niveles de concentración inhibió el crecimiento de las plántulas mientras que a baja concentración estimuló la germinación, la longitud de las plántulas, indicando que los efectos inhibitorios y estimulantes de los extractos de hojas de *T. grandis* pueden deberse a la presencia de aleloquímicos en los extractos. De acuerdo con los resultados expuesto por el autor la inclusión de un 30% del extracto provocó una germinación del 30 %.

Por otro lado, Laynez y Méndez (2013), al evaluar el porcentaje de germinación de semillas de *Lactuca sativa L. cv. Grand Rapid* describen como resultados efectos significativos al incluir concentraciones de con extractos acuosos a concentraciones de 0, 4, 8, 12 y 16 % (p/v) y encontrar que sólo la concentración de 16 % inhibió la germinación en lechuga. El mismo autor expresa que la tasa de germinación de la lechuga se redujo significativamente cuando la concentración de extracto de tallo y hojas fue igual o superior al 8% p/v.

Tabla 6. Porcentaje de germinación

Tratamientos	24_h	48_h	72_h	96_h	120_h
Control H ₂ O	23 ^{ab}	92 ^{de}	98 ^e	98 ^e	98 ^e
Control etanol	18 ^{ab}	86 ^{de}	91 ^{de}	91 ^{de}	91 ^{de}
EAB-D1	72 ^d	97 ^e	98 ^e	98 ^e	98 ^e
EAB-D2	72 ^d	91 ^{de}	93 ^{de}	93 ^{de}	93 ^{de}
EAB-D3	68 ^d	44 ^{abc}	44 ^{abc}	44 ^{abc}	44 ^{abc}
EAT-D1	17 ^{ab}	74 ^{cde}	75 ^{cde}	75 ^{cde}	75 ^{cde}
EAT-D2	18 ^{ab}	55 ^{abc}	57 ^{abcd}	57 ^{abcd}	57 ^{abcd}
EAT-D3	16 ^a	75 ^{cde}	77 ^{cde}	77 ^{cde}	77 ^{cde}
EEB-D1	68 ^d	61 ^{bcde}	61 ^{bcde}	61 ^{bcde}	61 ^{bcde}
EEB-D2	40 ^{bc}	63 ^{bcde}	63 ^{bcde}	63 ^{bcde}	63 ^{bcde}
EEB-D3	50 ^{cd}	44 ^{abc}	44 ^{abc}	44 ^{abc}	44 ^{abc}
EET-D1	12 ^{ab}	35 ^{ab}	36 ^{ab}	36 ^{ab}	36 ^{ab}
EET-D2	23 ^d	42 ^{abc}	43 ^{abc}	43 ^{abc}	43 ^{abc}
EET-D3	6 ^a	21 ^a	22 ^a	22 ^a	22 ^a
p-valor	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
D.E.	±20	±35	±25	±25	±25

^{a, b, c,} medias con una letra en común dentro de la misma columna no son significativamente diferentes (p>0,05).

Los resultados de la tabla 6 muestran el porcentaje de germinación de cada uno de los tratamientos que incluyen las concentraciones acuosa de las hojas de balsa, teca y en

los tratamientos control. En este caso se observa que la germinación fue superior al 60 % durante las 24 horas, en tanto que las concentraciones que incluyeron los extractos etanólicos mostraron un porcentaje de germinación inferior al 48%.

Posterior a las 48 horas el porcentaje de germinación fue presenciando un aumento que se mantuvo en rangos superiores al 84%. Por su parte los tratamientos que incluyeron las tres concentraciones de las fracciones etanólicas de las hojas de balsa y teca mostraron un porcentaje de germinación que oscilo entre 12 y 30 %.

Flores *et al.*, (2015), evaluaron los efectos fitotóxicos de los extractos de *A. mollisimus* como potenciales inhibidores del crecimiento de plántulas de lechuga, lo cual es necesario para el control de malezas y otras plantas no deseadas, describen como resultado un porcentaje de germinación de semillas del 40% al incluir 2 mL de extracto metanólico, presenciando una disminución en el porcentaje de germinación a conforme se aumentó la concentración de extracto.

Tabla 7. Índice de respuesta alelopática

Tratamientos	24_h	48_h	72_h	96_h	120_h
Control H ₂ O	-3,84 ^c	-0,10 ^c	0,10 ^c	0,10 ^c	0,10 ^c
Control etanol	-4,68 ^{cd}	-0,18 ^c	-0,10 ^c	-0,10 ^c	-0,10 ^c
EAB-D1	-4,68 ^{cd}	-0,08 ^c	-0,08 ^c	-0,08 ^c	-0,08 ^c
EAB-D2	-4,68 ^{cd}	-0,12 ^c	-0,10 ^c	-0,10 ^c	-0,10 ^c
EAB-D3	-5,02 ^{cd}	-1,32 ^{bc}	-1,32 ^{ab}	-1,32 ^{ab}	-1,32 ^{ab}
EAT-D1	-5,02 ^{cd}	-0,38 ^c	-0,38 ^c	-0,38 ^c	-0,38 ^c
EAT-D2	-4,82 ^{cd}	-1,42 ^{bc}	-1,2 ^{ab}	-1,20 ^{ab}	-1,20 ^{ab}
EAT-D3	-5,68 ^{cd}	-0,54 ^{bc}	-0,50 ^c	-0,50 ^c	-0,50 ^c
EEB-D1	-5,34 ^{cd}	-0,80 ^{bc}	-0,80 ^{ab}	-0,80 ^{ab}	-0,80 ^{ab}
EEB-D2	-10,68 ^{bc}	-0,66 ^{bc}	-0,66 ^{ab}	-0,66 ^{ab}	-0,66 ^{ab}
EEB-D3	-7,35 ^{bcd}	-1,44 ^{bc}	-1,44 ^{ab}	-1,44 ^{ab}	-1,44 ^{ab}
EET-D1	-7,68 ^{bcd}	-3,14 ^{ab}	-3,12 ^{ab}	-3,12 ^{ab}	-3,12 ^{ab}
EET-D2	-17 ^{bcd}	-4,40 ^a	-4,06 ^a	-4,06 ^a	-4,06 ^a
EET-D3	-14 ^{ab}	-1,66 ^{bc}	-1,58 ^{abc}	-1,58 ^{abc}	-1,58 ^{abc}
p-valor	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
D.E.	±1,44	±1,00	±1,02	±1,02	±1,02

^{a, b, c,} medias con una letra en común dentro de la misma columna no son significativamente diferentes (p>0,05).

El índice de respuesta alelopática de los tratamientos en estudio muestra un mayor efecto en los tratamientos que incluyeron las concentraciones de las fracciones etanólicas. De acuerdo con los resultados que se muestran en la tabla 7, durante las 120 horas en que se desarrolló la investigación se presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos en estudio, mostrando un mayor efecto alelopático en los tratamientos EET-D2 y EET-D3 con valores de -17 y -14. Posterior a las 48 y 72 horas los resultados muestran una mayor respuesta alelopática en los tratamientos en estudio, con valores de -3,12 y 4,06. .

Espejo *et al.*, (2010), al evaluar el efecto alelopático de extractos acuosos de hojas de teca describen como resultado que la inclusión de concentraciones de 0,65 g/mL presentó un efecto sobre la germinación de las semillas de lechuga, quimbombó y frijoles con valores inferiores de -40, describiendo como resultados que estos resultados están asociados a que en su mayoría las especies botánicas viva o en descomposición segrega sustancias que se incorporan al medio y pueden ser tóxicas, estimulantes o inocuas para otras.

Aunque no se ha reportado el efecto alelopático de las hojas de balsa sobre la germinación de semillas, estudios realizados por Aguirre *et al.*, (2014), describen que el efecto inhibitorio de la germinación de las semillas está dado por la presencia de aleloquímicos como (saponinas, flavonoides, cumarinas, alcaloides y compuestos fenólicos: taninos catéquicos). Por su parte Ramirez (2018), reporta que este tipo de compuestos químicos son capaces de inhibir la germinación de las semillas causando efectos adversos en el desarrollo de una planta.

De acuerdo con lo descrito por Viné *et al.*, (2013), la variabilidad de los efectos alelopáticos de los extractos de plantas puede estar dado por la presencia de diversos compuestos químicos involucrados en la inhibición. Es por ello que a pesar de la similitud entre la presencia de metabolitos secundarios el comportamiento alelopático entre las dos fases de ambos extractos muestra un comportamiento diferente entre cada uno de ellos. Desde este aspecto el autor menciona que es necesario estudiar la variabilidad de los compuestos y consigo determinar con exactitud cuál de ellos muestra el efecto.

Tabla 8. Longitud de la radícula (LR)

Tratamientos	24_h	48_h	72_h	96_h	120_h
Control H ₂ O	0,26	0,60	1,30 ^f	1,82 ^g	2,70 ^g
Control etanol	0,26	0,60	1,24 ^{ef}	1,78 ^{fg}	2,58 ^{fg}
EAB-D1	0,26	0,62	1,04 ^{de}	1,44 ^{de}	2,18 ^{def}
EAB-D2	0,26	0,62	0,88 ^{cd}	1,22 ^{cd}	1,82 ^{cd}
EAB-D3	0,24	0,58	0,76 ^{bc}	1,06 ^{bc}	1,60 ^{bc}
EAT-D1	0,34	0,78	1,08 ^{def}	1,52 ^{cd}	2,30 ^{efg}
EAT-D2	0,24	0,54	1,10 ^{def}	1,48 ^{def}	2,22 ^{def}
EAT-D3	0,24	0,58	1,04 ^{de}	1,36 ^{cde}	1,94 ^{cde}
EEB-D1	0,64	1,48	0,92 ^{cd}	1,24 ^{cd}	1,84 ^{cd}
EEB-D2	0,25	0,60	0,75 ^{bc}	1,07 ^{bc}	1,63 ^{bc}
EEB-D3	0,20	0,50	0,50 ^a	0,70 ^a	1,10 ^a
EET-D1	0,28	0,62	1,02 ^{de}	1,44 ^{de}	2,16 ^{de}
EET-D2	0,24	0,58	0,76 ^{bc}	1,08 ^{bc}	1,64 ^{bc}
EET-D3	0,20	0,45	0,60 ^{ab}	0,85 ^{ab}	1,25 ^{ab}
p-valor	0,3638	0,3956	<0,0001	<0,0001	<0,0001
D.E.	±0,23	±0,53	±0,21	±0,28	±0,41

^{a, b, c,} medias con una letra en común dentro de la misma columna no son significativamente diferentes ($p>0,05$).

Los resultados de la longitud de la radícula de los tratamientos en estudio no mostraron un efecto significativo entre tratamientos durante las primeras 48 horas en que se efectuó la recolección de las muestras. A las 72 horas los resultados mostraron un comportamiento significativo entre cada uno de los tratamientos presenciando un menor desarrollo en la raíz en los tratamientos que incluyeron los fracciones etanólica de los extractos de hoja de balsa y teca, en este caso se observa que un aumento en la concentración en las diluciones retardo significativamente el desarrollo de la raíz en comparación con el tratamiento control el mismo que mostro un crecimiento de 1,82 cm y un menor desarrollo en el tratamiento que incluyo extracto etanólico de balsa EEB-D3 un menor desarrollo de la raíz con una media de 0,70 cm. Hasta las 120 horas los resultados muestran que el desarrollo de la raíz fue superior en el tratamiento control con una media de 2,70 cm.

Andrade *et al.* (2009), estudiaron el efecto alelopático de extractos acuosos foliares de *Cyperus rotundus* L. (cebollín), sobre a germinación de semillas de lechuga describen como resultado una disminución sobre el estímulo de la germinación en concentraciones superiores al 70%, además, de mostrar un efecto sobre el desarrollo del

sistema radicular en un 10 % en las semillas de lechuga, mostrando un desarrollo de 1,40 a 0,50 cm.

En este sentido, Aguirre *et al.*, (2014) y Ramírez (2018), describen que el efecto inhibitorio de la germinación de semillas de los extractos vegetales en muchos de los casos está dado por la presencia de sustancias serosa adherida en el envés de las hojas, la cuales poseen una gran cantidad de compuestos químicos naturales como flavonoides, saponinas, tanino y cumarinas, las cuales poseen la capacidad de causar efectos adversos sobre el desarrollo de las plantas, los cuales concuerdan con los obtenidos en la investigación donde a mayor concentración de los extractos etanólicos de ambas especies se evidencio malformaciones en el tallo y una disminución en el crecimiento de la raíz.

Tabla 9. Longitud del hipocotilo (LH)

Tratamientos	24_h	48_h	72_h	96_h	120_h
Control H ₂ O	-	0,76 ^c	1,96 ^f	3,08 ^g	4,50 ^h
Control etanol	-	0,80 ^c	1,86 ^{ef}	2,96 ^{fg}	4,46 ^{gh}
EAB-D1	-	0,74 ^c	1,76 ^{def}	2,82 ^{fg}	4,18 ^{efgh}
EAB-D2	-	0,64 ^{bc}	1,62 ^{cde}	2,62 ^{cdf}	3,94 ^{cdef}
EAB-D3	-	0,60 ^{bc}	1,48 ^{bc}	2,44 ^{bcd}	3,68 ^{cd}
EAT-D1	-	0,64 ^{bc}	1,77 ^{def}	2,80 ^{efg}	4,20 ^{efgh}
EAT-D2	-	0,76 ^c	1,76 ^{def}	2,76 ^{def}	4,14 ^{efgh}
EAT-D3	-	0,66 ^{bc}	1,66 ^{cde}	2,62 ^{cdef}	3,94 ^{cdef}
EEB-D1	-	0,72 ^{bc}	1,66 ^{cde}	2,72 ^{def}	4,04 ^{defg}
EEB-D2	-	0,72 ^{bc}	1,55 ^{bcd}	2,48 ^{cde}	3,75 ^{cde}
EEB-D3	-	0,50 ^{ab}	1,30 ^b	2,10 ^b	3,10 ^b
EET-D1	-	0,68 ^{bc}	1,80 ^{def}	2,84 ^{fg}	4,24 ^{efgh}
EET-D2	-	0,58 ^{bc}	1,46 ^{bc}	2,36 ^{bc}	3,52 ^{bc}
EET-D3	-	0,35 ^a	0,85 ^a	1,35 ^a	2,05 ^a
p-valor	-	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
D.E.	-	±0,21	±0,22	±0,34	±0,49

a, b, c, medias con una letra en común dentro de la misma columna no son significativamente diferentes (p>0,05).

Los resultados del comportamiento de la longitud del hipocotilo muestran diferencias significativas entre tratamientos. En este caso se encontró que los resultados hasta 120 horas presentó una mayor longitud en el hipocotilo con una media de 4,50 cm. Por su parte la inclusión de las fases etanólica de ambos extractos en las semillas de lechuga mostraron un menor desarrollo en el hipocotilo alcanzando un promedio de 2,05 cm (EET-D3) y 3,10 (EEB-D3).

Estudios realizados por Tacaliti *et al.*, (2020), describen que al evaluar la incidencia de flavonoides sobre las propiedades de la radícula muestra que concentraciones de 200, 400 y 500 ppm mostró efectos significativos en la longitud total de las plántulas a las 72 horas en relación con el control. A la concentración más baja de 100 ppm se observó un efecto compensatorio entre las partes correspondientes al hipocótilo y la raíz. Mostrando en el tratamiento control una longitud de 10 a 15 cm y para el tratamiento con mayor concentración cercanas a 9 cm.

No obstante, Blanco *et al.*, (2007) y Farías (2019), describen que la acción alelopática de los extractos de hojas de plantas es muy complejo y puede enmascarar y no tener efecto, es necesario aislar el agente químico que causa el efecto, ya que muchos compuestos se concentran en el extracto acuoso y pueden perder su efecto o efecto sinérgico en combinación.

Tabla 10. Longitud de los cotiledones (LC)

Tratamientos	24_h	48_h	72_h	96_h	120_h
Control H ₂ O	-	0,32 ^d	0,59 ^c	1,06 ^c	1,50 ^c
Control etanol	-	0,26 ^{bcd}	0,53 ^{bc}	0,94 ^{bc}	1,38 ^{bcd}
EAB-D1	-	0,22 ^{abcd}	0,43 ^{abc}	0,86 ^{bc}	1,30 ^{bcd}
EAB-D2	-	0,22 ^{abcd}	0,45 ^{abc}	0,86 ^{bc}	1,28 ^{bcd}
EAB-D3	-	0,16 ^{abc}	0,27 ^a	0,66 ^{ab}	0,96 ^{ab}
EAT-D1	-	0,28 ^{bcd}	0,54 ^{bc}	0,96 ^{bc}	1,41 ^{cd}
EAT-D2	-	0,30 ^{cd}	0,59 ^c	1,00 ^c	1,42 ^{cd}
EAT-D3	-	0,32 ^d	0,59 ^c	0,96 ^{bc}	1,42 ^{cd}
EEB-D1	-	0,20 ^{abcd}	0,41 ^{abc}	0,88 ^{bc}	1,31 ^{bcd}
EEB-D2	-	0,23 ^{abcd}	0,38 ^{ab}	0,78 ^{abc}	1,18 ^{abcd}
EEB-D3	-	0,10 ^a	0,27 ^a	0,50 ^a	0,84 ^a
EET-D1	-	0,24 ^{abcd}	0,48 ^{abc}	0,88 ^{bc}	1,32 ^{bcd}
EET-D2	-	0,24 ^{abcd}	0,42 ^{abc}	0,68 ^{ab}	1,04 ^{abc}
EET-D3	-	0,15 ^{ab}	0,29 ^a	0,55 ^a	0,80 ^a
p-valor	-	0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
D.E.	-	±0,6	±0,12	±0,17	±0,24

a, b, c, medias con una letra en común dentro de la misma columna no son significativamente diferentes (p>0,05).

De acuerdo con el análisis de varianza realizado para la longitud de los cotiledones se obtuvo que la inclusión de las mayores concentraciones de extracto etanólico de las hojas de balsa y teca mostraron como efecto significativos sobre el desarrollo de los

cotiledones de las plántulas de lechuga. En este caso se obtuvo que el tratamiento EET-D3 y EEB-D3 obtuvieron un valor promedio de 0,80 y 0,84 cm por su parte los tratamientos que incluyeron las fracciones acuosa de los extractos de hoja de balsa y teca mantuvieron un mayor desarrollo de los cotiledones con valores superiores a 0,94 cm.

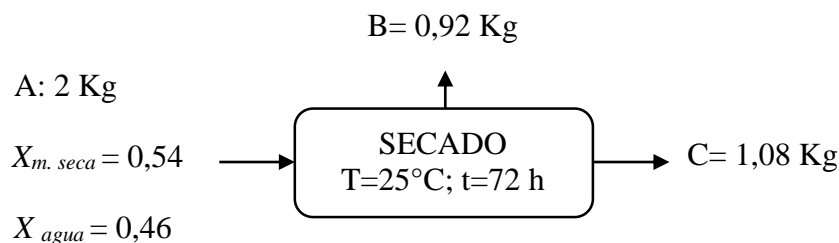
Estudios realizados por Farias (2019), al momento de evaluar la extractos de “cola de caballo” (*Equisetum arvense* L) describen que no tuvieron efecto sobre la germinación y crecimiento de las plántulas de limón rugoso (*Citrus jambhiri* Lush), describiendo que el estímulo de la germinación está dada por la interacción de los ácidos orgánicos y las sales minerales; especialmente el nitrógeno que forma parte de la estructura de un gran número de compuestos orgánicos.

Por su parte, Wang *et al.*, (2022), al utilizar extractos acuosos de tres hierbas que inhiben alelopáticamente la germinación de la lechuga pero promueven el crecimiento de las plántulas en bajas concentraciones sobre la germinación de semillas describe como resultado que se encontraron diferencias estadísticas entre el diámetro y los cotiledones de las plántulas de lechuga, documentando que a mayor concentración de los extracto se encontraron valores de 0,50 a 0,55 cm, en tanto que a menor concentración se encontró valores de 0,80 a 1 cm.

8.6. Balance de masa de los procesos de maceración

8.6.1. Balance de masa para proceso de obtención de extracto de teca.

Proceso de Secado



Donde:

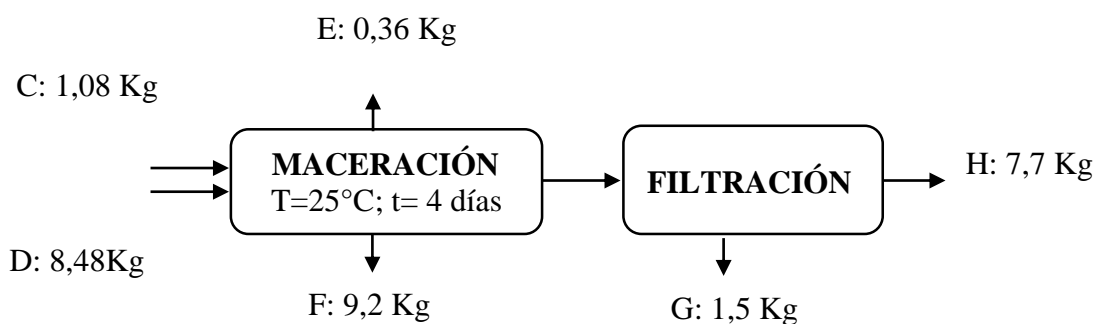
- A: Hojas húmedas
- B: Agua perdida
- C: Hojas seca

Balance de secado

$$\begin{aligned}E &= S \\A &= B + C \\2 \text{ Kg} &= 0,92 \text{ Kg} + 1,08 \text{ Kg} \\2 \text{ Kg} &= 2 \text{ Kg}\end{aligned}$$

Los resultados del balance de masa durante el proceso de secado de las hojas de teca muestran un rendimiento de 1,08 kg en materia seca con un total de pérdida de humedad de 0,92 kg, considerando como masa inicial un total de 2 kg.

Proceso de Extracción



Donde:

- C: Hojas secas
- D: Etanol al 96%
- E: Perdidas por volatilización
- F: Extracto bruto
- G: Torta de filtrado
- H: Extracto filtrado

Considerando:

El proceso se realiza con una relación 1:10 (p/v).

$$\rho_{\text{alcohol } 96\%} = 0,786 \text{ g/mL}$$

$$m_{\text{etanol}} = \rho_{\text{etanol } 96\%} * \text{Volumen}$$

$$m_{\text{etanol}} = 0,786 \frac{\text{g}}{\text{mL}} * 10800 \text{ mL} = 8488,8 \text{ g} \rightarrow 8,48 \text{ Kg}$$

Balance para maceración

$$C + D = E + F$$
$$1,08Kg + 8,48 Kg = E + 9,2 Kg$$
$$E = 0,36 Kg$$

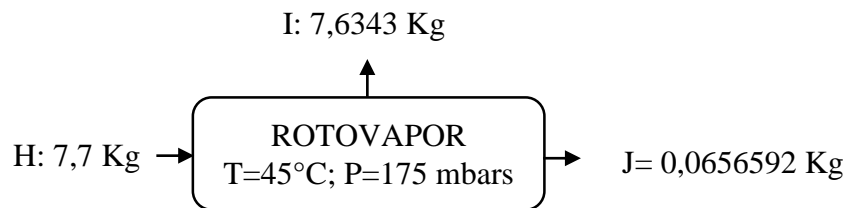
Balance para filtrado

$$F = G + H$$
$$9,2 Kg = G + 7,7 Kg$$
$$G = 1,5 Kg$$

Los cálculos efectuados para el balance de masa del proceso de maceración para la obtención de los extractos de hojas de teca dio como resultado una pérdida por la volatilización fueron de 0,36 kg.

De acuerdo con los balances de masa para el proceso de filtrado del producto de la maceración se muestra como resultado un total de 1,50 kg.

Proceso de rotoevaporación



Balance para rotovaporador

Donde:

- H: Extracto Filtrado
- I: Etanol recuperado
- J: Extracto seco
- Densidad del extracto filtrado :0,79276 g/mL
- Concentración del extracto: 0,00676 g/mL

Balance para Rotovaporador

$$H = I + J$$
$$7,7 Kg = I + 0,6565922 Kg$$
$$I = 7,7 - 0,65665922Kg$$
$$I = 7,6343 K$$

Rendimiento de extracción

$$\%Rendimiento = \frac{J}{C} * 100 = \frac{Extracto\ seco}{Hojas\ secas} * 100$$

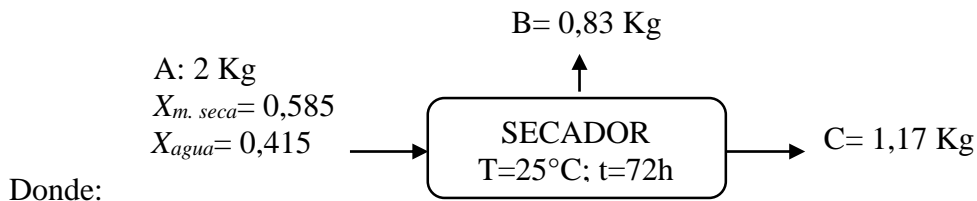
$$\%Rendimiento = \frac{0,06565922\ Kg}{1,08\ Kg} * 100\%$$

$$\%Rendimiento = 6,08\%$$

De acuerdo con los resultados del proceso de rotoevaporación aplicado para los extractos de teca, se obtuvo como resultado una recuperación del etanol de 7,63 kg. Por su parte el balance de masa efectuado para determinar el rendimiento del proceso efectuado en el rotovaporador mostró un rendimiento de 6,08%, con una concentración del extracto de 0,00676 g/mL.

8.6.2. Balance de masa para proceso de obtención de extracto de Balsa

Proceso de Secado



- A: Hojas húmedas
- B: Agua retirada
- C: Hojas seca

Balance de secado

$$Entrada = Salida$$

$$A = B + C$$

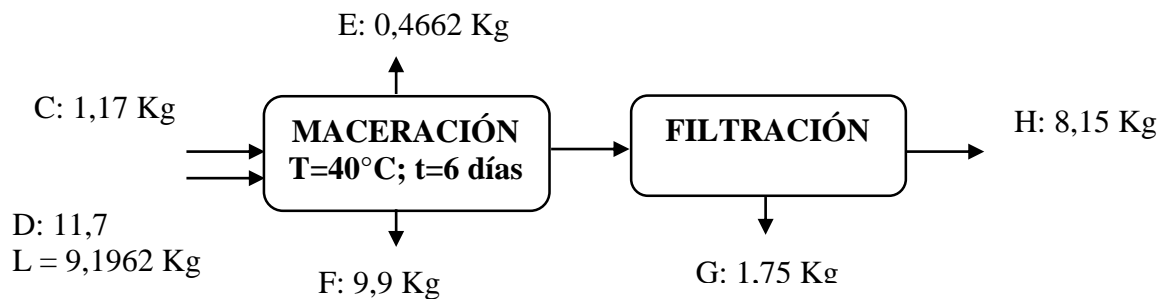
$$2\ Kg = 0,83 + 1,17\ Kg$$

$$2\ Kg = 2\ Kg$$

De acuerdo con los resultados derivados del balance de masa para el proceso de secado de las hojas de balsa se obtuvo que el secado obtuvo una pérdida de agua de 0,83 kg, dando un rendimiento de 1,17 kg.

Estudios realizados por Tituaña *et al.*, (2020), al efectuar un balance de materia a hojas de balsa describe como resultado un peso de ingreso que es de 3,0 kg, se obtuvo desperdicios de 2.9 kg por lo tanto tiene un peso final de 0,1 kg de peso total de materia prima deshidratada. Por lo cual el rendimiento es del 3.33% ya que se obtuvo pérdidas significativas en el proceso al momento de perder agua.

Proceso de Extracción



Donde:

- C: Hojas secas
- D: Etanol al 96%
- E: Perdidas por volatilización
- F: Extracto bruto
- G: Torta de filtrado
- H: Extracto filtrado

Considerando:

El proceso se realiza con una relación 1:10 (p/v)

$$\rho_{\text{etanol } 96\%} = 0,786 \text{ g/mL}$$

$$m_{\text{etanol}} = \rho_{\text{etanol } 96\%} * \text{Volumen}$$

$$m_{\text{etanol}} = 0,786 \frac{\text{g}}{\text{mL}} * 11700\text{mL} = 9196,2 \text{ g} \rightarrow 9,1962 \text{ Kg}$$

Balance para maceración

$$C + D = E + F$$

$$1,17Kg + 9,1962 K = E + 9,9 Kg$$

$$E = 0,4662 Kg$$

Balance para filtrado

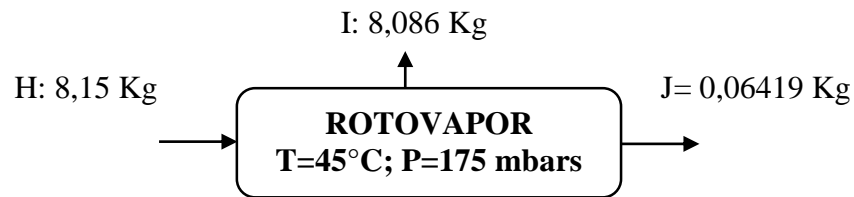
$$F = G + H$$

$$9,9 Kg = G + 8,15 Kg$$

$$G = 1,75 Kg$$

El balance de masa de la maceración aplicado para la obtención de los extractos de hojas de balsa arrojó como resultado que las pérdidas por volatilización fueron de 0,4662 Kg. Por otra parte, los resultados del filtrado del extracto muestran un total de 1,75 Kg equivalentes a la torta del filtrado.

Proceso de rotoevaporación



Balance para rotovaporador

Donde:

- H: Extracto Filtrado
- I: Etanol recuperado
- J: Extracto seco
- Densidad del extracto filtrado :0,79224 g/mL
- Concentración del extracto: 0,00624 g/mL

Balance para Rotovaporador

$$H = I + J$$

$$8,15 Kg = I + 0,6419 Kg$$

$$I = 8,15 Kg - 0,6419 Kg$$

$$I = 8,086 Kg$$

A partir de los resultados del proceso de rotoevaporación aplicados para la eliminación del etanol del producto de la maceración, se obtuvo una recuperación de 8,086 kg y un contenido de extracto seco de 0,06419 Kg.

Rendimiento de extracción

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{J}{C} * 100 = \frac{\text{Extracto seco}}{\text{Hojas secas}} * 100$$

$$\% \text{Rendimiento} = \frac{0,6419 \text{ Kg}}{1,17 \text{ Kg}} * 100\%$$

$$\% \text{Rendimiento} = 5,943 \%$$

De acuerdo con el cálculo para el rendimiento de la extracción del extracto de la balsa en la rotoevaporación se obtuvo como resultado un total del 5,943%, equivalente a al extracto seco. De acuerdo con lo expuesto por Benítez *et al.*, (2019), los rendimientos de los extractos en la maceración dependen del tamaño de la partícula del material vegetal, documentando en este caso un mayor rendimiento al utilizar las plantas molidas o trituradas, los cuales alcanzan un rendimiento de 37,58%.

8.7. Diagrama de flujo para la producción a nivel piloto

Se desarrolló un balance de masa de cada uno de los procesos de maceración y posterior de cada uno de los procesos de rotoevaporación de los extractos de balsa y teca, dando los siguientes resultados.

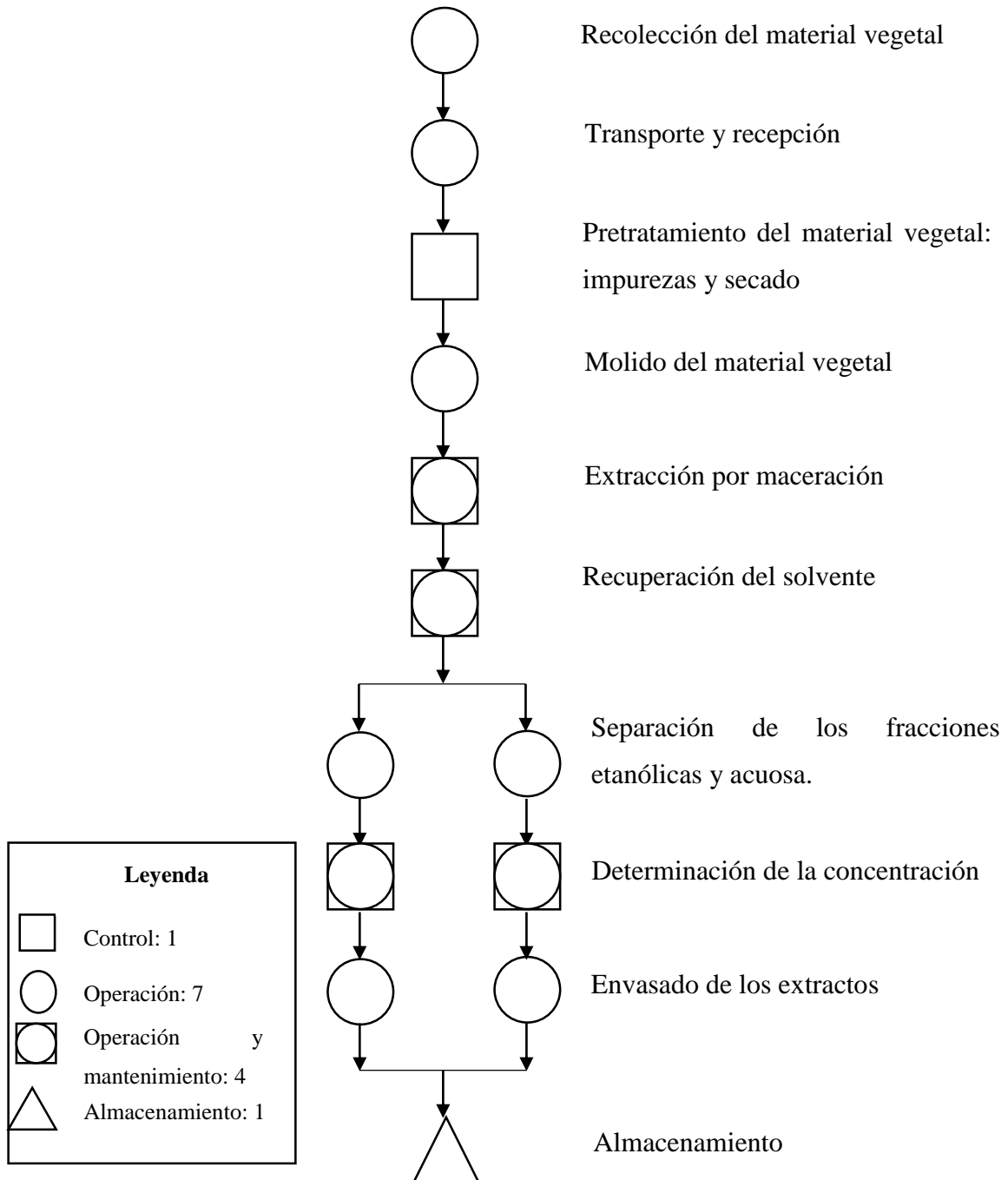


Figura 4. Diagrama de flujo para la obtención de extractos etanólicos de hojas de balsa y teca

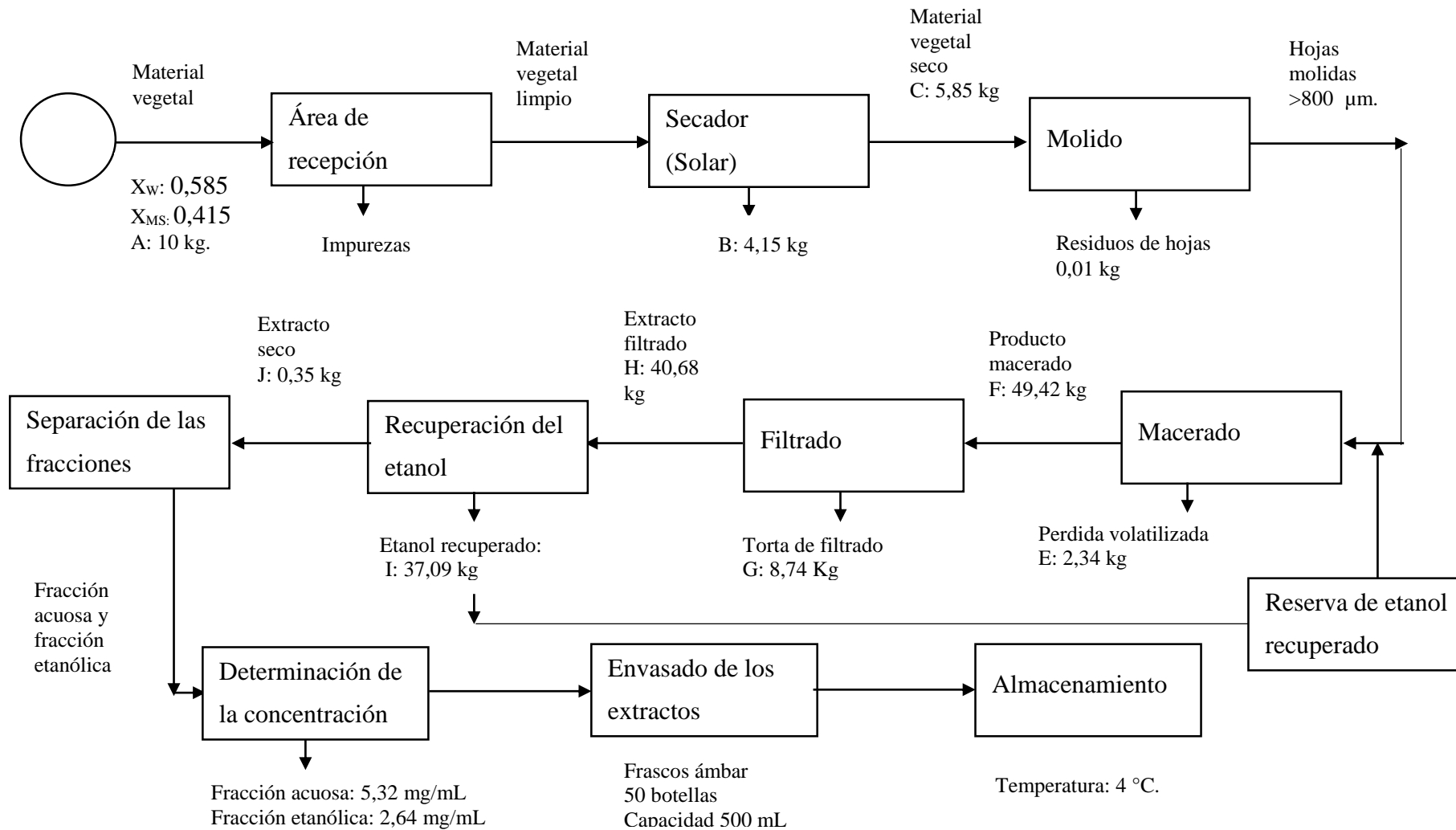


Figura 5. Diseño de la línea de producción para la obtención de los extractos.

Datos:

- A: Hojas húmedas
- B: Agua retirada
- C: Hojas seca
- C: Hojas secas
- D: Etanol al 96%
- E: Perdidas por volatilización
- F: Extracto bruto
- G: Torta de filtrado
- H: Extracto filtrado
- H: Extracto Filtrado
- I: Etanol recuperado
- J: Extracto seco
- Densidad del extracto filtrado :0,79224 g/mL
- Concentración del extracto: 0,00624 g/mL

Previo al desarrollo del establecimiento de producción de los extractos a nivel de planta piloto se estableció un diagrama de flujo para el proceso de extracción de los extractos provenientes de la hoja de balsa y teca mediante la aplicación de técnicas de maceración en solventes etanólicos y posterior recuperación de solvente mediante rotoevaporación, tomando como referencia los procesos descritos por González (2004) y Martínez (2019).

Para el desarrollo de las actividades de producción de los extractos se establece como primer procedimiento la recolección del material vegetal, para su posterior transporte y recepción en la planta de procesos. Consecutivamente, se establece el pretratamiento de la materia prima con la finalidad de eliminar las posibles impurezas y posterior aplicación de un secado a temperatura ambiente, con un área de 1,5 m² por cada dos kilos de material vegetal.

El secado bajo sombra se lo efectuará con la finalidad de evitar la degradación de los metabolitos secundarios (Cayra, 2019). La temperatura ambiente en el cantón Chone durante la época de verano oscila entre los 23 y 28 grados centígrados, mientras que en invierno alcanza los 34 grados centígrados (Loor, 2018).

Posterior a ello se procede con la aplicación de la maceración del material vegetal, estableciendo relación de dilución de 1:10 (1 g de material vegetal: 1 mL de solvente),

por un tiempo de 92 horas en etanol al 96%. La maceración se la efectuará en recipientes de acero inoxidable diseñado con sus respectivas entradas y salidas, el mismo tendrá una forma cilíndrica con capacidad de macerar 10 Kg de material vegetal.

Posterior a la maceración se procede con el proceso de eliminación de los solventes mediante la utilización rotoevaporador rotacional a temperatura de 45°C a una presión atmosférica de 175 mbars. A nivel de planta se contará con un rotovaporador con capacidad de 20 litros por cada proceso.

Cumplida la rotoevaporación y se procede a separar las fracciones etanólicas de los extractos (fracción acuosa fracción etanólica), determinar las concentraciones de cada una de las fracciones. Primeramente se procede con la dilución de los compuestos solubles en agua y posterior dilución de las fracciones no solubles en agua. En este último caso se utilizará una concentración de 5% de etanol, con la finalidad de diluir las sustancias resinosas no solubles en agua.

Se tendrá una producción de 50 envases por día con capacidad de 500 ml los cuales tienen una concentración de 2500 mg/l. El almacenamiento se lo efectuará a temperatura de 4 °C (Tipaz-Tipaz *et al.*, 2019).

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1. Conclusiones

- La presencia de metabolitos secundarios en los extractos de hojas de balsa mostraron una alta presencia (+++) de saponinas, taninos, azúcares reductores en las fases acuosas y etanólica a diferencia de los extractos de hoja de teca donde se observa una presencia cuantiosa de taninos y azúcares reductores, en tanto que la presencia de flavonoides mostró una presencia notable (++) en ambas fases de los extractos de teca. Se obtuvo una ausencia de alcaloides en la fase etanólica y una presencia notable en la fase acuosa de la balsa y una presencia cuantiosa en los extractos de teca. Los resultados de la absorbancia de alcanzaron un total de 0,50 % a una concentración de 150 mg/L. El contenido fenólico de la curva de calibración y contenido fenólico total equivalente al ácido gálico fue mayor en las fracciones acuosas de ambas especies vegetales.

- El efecto alelopático de las fases acuosas y etanólicas mostraron un comportamiento significativo entre cada uno de los de los tratamientos durante las 120 horas en que se desarrolló la investigación, mostrando un mayor efecto en las concentraciones a 2500 ppm de las fracciones etanólicas de ambas especies vegetales, las cuales mostraron una germinación inferiores al 44%. Las variables morfológicas mostraron un efecto significativo sobre el desarrollo de la radícula, hipocotilo y cotiledones asociándose al retraso de la germinación.

- Los rendimientos del balance de materia de los extractos de las hojas de ambas especies arbustivas muestran un rendimiento de 6,08 % (teca) y 5,94 % (balsa) posterior a la rotoevaporación. El diseño del diagrama de flujo a nivel de planta piloto cumple con los diferentes procesos aplicados para tener en cuenta durante los procesos de recolección, maceración y eliminación del solvente en los extractos.

9.2. Recomendaciones

- Efectuar estudios que permitan identificar de manera cuantitativa la presencia de los metabolitos secundarios de las fracciones acuosa de las hojas de balsa y teca mediante la aplicación de diferentes métodos de extracción.
- Evaluar la edad de las especies vegetales en la extracción de metabolitos secundarios y sus efectos alelopáticos sobre malezas de hoja ancha y hierbas no deseadas en los cultivos de ciclo corto del cantón Chone.
- Implementar un estudio de factibilidad para el establecimiento de una línea de producción de bioherbicidas provenientes de especies de origen vegetal como alternativa que permita el aprovechamiento de este tipo de recursos disponibles en el cantón Chone.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, R., Tomás, G., Huamán, J., Galarreta, H., y Ccaccia, C. (2014). Separación, identificación y cuantificación de taninos de la *Calathea lutea* bijao. *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química*, 13(1), 64-66. Obtenido de <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/quim/article/view/4564>
- Alonso, J., Castellanos, L., & Ortega, I. (2020). Efecto alelopático de un extracto acuoso de *Panicum Maximum* Jacq. sobre dos dicotiledónea. *Revista Científica Agroecosistema*, 8(1), 47-52. Obtenido de <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/381/361>
- Álvarez, L. (2020). *Evaluación del proceso de deshidratación de las hojas de ortiga verde urtica dioica sobre su contenido de flavonoides, saponinas y triterpenos para la elaboración de tisana*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10454/2/03%20EIA%20503%20TRABAJO%20GRADO.pdf>
- Álvarez, R., y Chauca, J. (2018). *Evaluación farmacognóstica y antioxidante de la corteza del tallo de la teca Tectona grandis L.* [Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil]. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/29590/1/BCIEQ-T-0246%20Alvarez%20Franco%20Roxana%20Nathalie%3b%20Chauca%20Morales%20Jordy%20Alexander.pdf>
- Andrade, H., Bittencourt, A., y Vestena, S. (2009). Potencial alelopático de *Cyperus rotundus* L. sobre especies cultivadas. *Ciência e Agrotecnologia*, 33, 1984-1990. Obtenido de <https://www.scielo.br/j/cagro/a/FvbnpKzHY4dxZCsHS3DcF5w/?format=pdf&lang=pt>
- Asghar, M., Yusof, Y., Mokhtar, M., Yaacob, M., Ghazali, H., Varith, J., y Manaf, Y. (2020). Processing of coconut sap into sugar syrup using rotary evaporation, microwave, and open-heat evaporation techniques. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(10), 4012-4019. doi:<https://doi.org/10.1002/jsfa.10446>

- Baez, E. (2018). *Producción y aporte de nutrientes en la hojarasca de las especies abarco (Cariniana piryformis M), teca (Tectona grandis Lf) y cacao (Theobroma cacao L.) en un sistema agroforestal en los municipios de Rionegro, Santander y Muzo, Boyacá*. [Tesis de pregrado, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A]. Obtenido de <https://repository.udca.edu.co/bitstream/handle/11158/1026/Producci%3fb3n%20y%20aporte%20de%20nutrientes%20en%20la%20hojarasca%20de%20las%20especies%20abarco%2c.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bautista, E., Mesa, L., y Gómez, M. (2021). Alternativas de producción de bioplaguicidas microbianos a base de hongos: el caso de América Latina y El Caribe. *Scientia Agropecuaria*, 9(4), 585-604. doi:<http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.04.15>
- Benítez, R., Sarria, R., Gallo, J., Pérez, N., Álvarez, J., & Giraldo, C. (2019). Obtención y rendimiento del extracto etanólico de dos plantas medicinales. *Revista Facultad De Ciencias Básicas*, 15(1), 31-40. Obtenido de <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfcb/article/view/3597/3606>
- Bermeo, L. (2018). *Obtención de biocarbón mediante torrefacción seca a partir de residuos de balsa ("Ochroma pyramidale")*. [Tesis de pregrado, Escuela Politécnica Nacional]. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19210>
- Blanco, Y., Hernández, I., Urra, I., y Leyva, Á. (2007). Potencial alelopático de diferentes concentraciones de extractos de girasol (*Helianthus annuus*, L.), maíz (*Zea mays* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris*, L.) y boniato (*Ipomoea batata*, L.) sobre el crecimiento y desarrollo inicial del frijol común. *Cultivos Tropicales*, 28 (3), 5-9. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193215844001.pdf>
- Bouknana, D., Jodeh, S., y Sbaa, M. (2019). A phytotoxic impact of phenolic compounds in olive oil mill wastewater on fenugreek "*Trigonella foenum-graecum*". *Environ Monit Assess*, 191(6), 405-425. Obtenido de doi: 10.1007/s10661-019-7541-x
- Brouard, I. (2020). *Chalconas, bioactividad y aplicaciones sintéticas*. [Tesis de maestría, Universidad de la Laguna]. Obtenido de

Universidad Nacional Agraria la Molina]. Obtenido de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4189>

Chacón, T. (2019). *Estudio de las propiedades de las hojas de teca y zapote para la elaboración de envases descartables de alimentos*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria]. Obtenido de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4189>

Chaidez, A. (2019). *Determinación de la persistencia en suelo y efecto de alelopático de compuestos fenólicos de *Prosopis laevigata**. [Tesis de Maestría, Instituto Politécnico Nacional]. Obtenido de <https://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/26430/1/Ana%20Isabel%20Chaidez%20Ayala%20CIIDIR-DGO%20.pdf>

Colina, A. (2016). *Análisis fitoquímico, determinación cualitativa y cuantitativa de flavonoides y taninos, actividad antioxidante, antimicrobiana de las hojas de "Muehlenbeckia hastulata (JE Sm) IM Johnst" de la zona de Yucay (Cusco)*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Marcos]. Obtenido de https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/7121/Colina_ra.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Couture, J., Singh, A., Rubert-Nason, K., Serbin, S., Lindroth, R., & Townsend, P. (2016). Spectroscopic determination of ecologically relevant plant secondary metabolites. *Methods in Ecology and Evolution*, 7(11), 1402-1412. doi:<https://doi.org/10.1111/2041-210X.12596>

Cruz-Ortiz, L., & Flores-Méndez, M. (2022). Avances en el desarrollo de nuevos herbicidas biológicos a partir de extractos vegetales fitotóxicos aplicados in vitro. *Informador Técnico*, 86(1), 18-29. doi:<http://doi.org/10.23850/22565035.3648>

Cushquicushma, P. (2018). *Actividad antibacteriana de extractos metanólicos de *tanacetum spp* frente a cepas atcc*. Universidad Nacional de Chimborazo. Abril-julio 2018. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Chimborazo]. Obtenido de <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/5137/1/UNACH-EC-FCS-LAB-CLIN-2018-0022.pdf>

- Doumet, A., Ruiz, A., y Sánchez, A. (2021). Cadena de valor del cultivo del árbol de balsa. *Revista Dominio de las Ciencias*, 7(3), 539-551. Obtenido de <https://docs.google.com/viewerng/viewer?url=https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/viewFile/1950/3965>
- Edwina, K., & Leela, P. (2021). Phytotoxic influence of *Tectona grandis* L. on germination, growth and biochemical changes of *Solanum lycopersicum* L. and *Solanum melongena* L. *Rasayan J Chem*, 14(2), 1191-1198. Obtenido de http://rasayanjournal.co.in/admin/php/upload/3186_pdf.pdf
- Espejo, F., Espinosa, R., Puente, M., Rodríguez, M., y Cupell, R. (2010). Efecto alelopático de los extractos acuosos de *Tectona grandis* L. y *Tagetes erecta* L. sobre la germinación de cultivos de interés agrícola. *Revista Centro Agrícola*, 37(1), 61-66. Obtenido de <http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/pdf/v37-numero1/cag111101718.pdf>
- Espinosa, R. (2007). *Efecto alelopático negativo de los metabolitos secundarios presentes en Terminalia catappa L., Tagetes erecta L. y Tectona grandis L. sobre los hongos Rhizoctonia solani Kühn y Sclerotium rolfsii Sacc.* [Tesis Doctoral, Universidad Central Marta Abreu de Las Villas, Cuba].
- Farias, S. (2019). *Efecto alelopático de extractos de ortiga (Urtiga dioica) y cola de caballo (Equisetum arvense L) en la germinación de semillas y crecimiento de plántulas de limón rugoso (Citrus jambhiri Lush).* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Tumbes]. Obtenido de <http://repositorio.untumbes.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12874/1056/TESIS%20-%20FARIAS%20CARRILLO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Farias, S. (2019). *Efecto alelopático de extractos de ortiga (Urtiga dioica) y cola de caballo (Equisetum arvense L) en la germinación de semillas y crecimiento de plántulas de limón rugoso (Citrus jambhiri Lush).* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Tumbes]. Obtenido de <http://repositorio.untumbes.edu.pe/handle/20.500.12874/1056>
- Ferreira, P., Da Costa, P., Paiola, A., Rosset, I., Moreira, A., Paiola, L., y Holz, A. (2020). *Conyza sumatrensis* allelopathy effect on *Bidens pilosa* (Asteraceae) seed

germination. *Botanical Science*, 98(2), 348-354.
doi:<https://doi.org/10.17129/botsci.2445>

Flores, M., Sánchez, E., y Pérez, R. (2015). Potencial Alelopático de extractos foliares de *Astragalus mollissimus* Torr. sobre la germinación in vitro de semillas de maleza. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(5), 1093-1103. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/2631/263139893013.pdf>

Flores, S., y Ticona, B. (2019). *Tamizaje fitoquímico y actividad antioxidante de los extractos etanólicos de raíces, tallos y hojas de Caiophora rosulata (Ortiga colorada), Arequipa-2019*. [Tesis de pregrado, Universidad Privada Autónoma del Sur]. Obtenido de <http://portal-academico.upads.edu.pe/bitstream/handle/UPADS/77/TESIS%20FLORES%20SUSAN%20TICONA%20L%20BETTY.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

González, A. (2004). *Obtención de aceites esenciales y extractos etanólicos de plantas del Amazonas*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Colombia]. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/2800/angelaandreagonzalezvilla.2004.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

González, B., Simba, L., & Oviedo, B. (2018). Un cultivo resiliente para enfrentar el cambio climático, la balsa (*Ochroma pyramidale* sw). *Revista Ciencia & Tecnología*, 18(20), 88 - 100. doi:<https://doi.org/10.47189/rcct.v18i20.226>

Gonzalez, J. (2019). *Diagrama de flujo y su relación con la vida cotidiana*. [Tesis de pregrado, Univrsidad Técnica de Machala]. Obtenido de http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/14847/1/E-4389_GONZALEZ%20ESPINOSA%20JENNIFER%20XIOMARA.pdf

Granja, S. (2019). *Síntesis de nanopartículas de plata utilizando como agente reductor los flavonoides, polifenoles y azúcares reductores presentes en el extracto acuoso de las hojas de Baccharis latifolia (Chilca)*. [Tesis de pregrado, Pontífice Universidad Católica del Ecuador]. Obtenido de <http://201.159.222.35/bitstream/handle/22000/16027/TESIS%20FINAL%20CAMILA%20GRANJA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Guevara, J., Narváez, C., Marín, A., Gutiérrez, J., y Troncoso, C. (2019). Bioherbicida a partir de extracto fenólico obtenido de residuos de almazaras. *Revista Scientia Agropecuaria*, 10(4), 497-503. doi:<http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.04.06>
- Hernández, J., Zaragoza, A., López, G., Peláez, A., Olmedo, A., y Rivero, N. (2018). Actividad antibacteriana y sobre nematodos gastrointestinales de metabolitos secundarios vegetales: enfoque en Medicina Veterinaria. *Revista Abanico veterinario*, 8(1), 14-27. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2448-61322018000100014&script=sci_arttext
- Hernández, K., & Petroche, A. (2017). *Análisis de las exportaciones de balsa a reino unido en los últimos 6 Años*. [Tesis de pregrado], Universidad de Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/20475>
- Holguín, N. (2016). *Evaluación in vitro de actividad inhibitoria de extractos de moringa oleífera Lam. contra fusarium oxysporum F. Sp. quitoense en plántuas de lulo (Solanum quitoense lam.)*. [Tesis Doctoral, Universidad Católica de Manizales]. Obtenido de Repositorio UCM. <http://repositorio.ucm.edu.co:8080/jspui/bitstream/handle/10839/1486/N%c3%a9stor%20Fabio%20Holgu%c3%adn%20Osorio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Huisa, G. (2021). *Tamizaje fitoquímico y capacidad antioxidante de los extractos etanólicos de hojas y tallos de Thymus vulgaris L. (tomillo)*. [Tesis de pregrado, Universidad Privada Autónoma del Sur]. Obtenido de <http://bolsa-trabajo.upads.edu.pe/bitstream/handle/UPADS/215/TESIS%20HUISA%20CON%20DORI%20GABRIELA%20KAREN.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Jara, M. (2021). *Comparación de las propiedades físico-mecánicas de Ochroma pyramidale (Cav. ex Lam.) Urb. (balsa) de tres y cuatro años de edad creciendo en el cantón Quevedo, provincia de los Ríos*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Quevedo]. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/6309>
- Lascano, W. (2021). *Valoración económica de plantación de Ochroma pyramidale (Cav. Ex Lam). Urb. (balsa) en el sector Colonia Eloy Alfaro de la parroquia Patricia*

Pilar, cantón Buena Fe, perteneciente a la provincia de Los Ríos, Ecuador. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/6319/1/T-UTEQ-165.pdf>

Layne, J., y Méndez, J. (2013). Efectos alelopáticos de extractos acuosos de hojas de botón de oro [*Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray.] sobre la germinación de semillas y crecimiento de plántulas de lechuga (*Lactuca sativa* L.). *Scientia Agropecuaria*, 4, 229 - 241. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5113715.pdf>

Loor, E. (2018). *Impacto de los factores ecológicos en los ecosistemas del chame (Dormitator latifrons) en la segua de canuto del cantón Chone.* [Tesis de pregrado, Universidad Estatal del Sur de Manabí]. Obtenido de <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/1075/1/UNESUM-ECUADOR-ING.M-2018-18.pdf>

López, D. (2021). *Estudio del modo de acción de los metabolitos secundarios trans-cinamaldehído y norharmano sobre el metabolismo vegetal.* [Tesis de pregrado, Universidad de Vigo]. Obtenido de <http://www.investigacion.biblioteca.uvigo.es/xmlui/handle/11093/1864>

López, R., y Rodríguez, K. (2016). *Estudio de prefactibilidad para la implementación de una planta productora de un macerado en base a pisco y hoja de coca.* [Tesis de pregrado, Universidad de Lima]. Obtenido de https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/3496/Lopez_Beuzeville_Rodrigo.pdf?sequence=1

Marengo, A., Viera, G., y Goncalves, J. (2003). Leaf micronutrient concentrations and potential photosynthesis in *Ochroma pyramidale* established in a degraded land. *Revista Acta Amazonica*, 33(1), 23-31. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/277917654_Leaf_micronutrient_concentrations_and_potential_photosynthesis_in_Ochroma_pyramidale_established_in_a_degraded_land

Marruffo, J. (2019). *Extracción de las saponinas obtenidas a partir de las hojas de Baccharis Emarginata para la elaboración de un champú biodegradable.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Trujillo]. Obtenido de

https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/13710/MarruffoVasquez_L.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Martínez, C. (2019). *Efecto alelopático del extracto de semillas de chamba alelopático del extracto de semillas de chamba (Campomanesia lineatifolia) sobre la germinación y crecimiento de plántulas de cerraja (Sonchus oleraceus L.) en condiciones de laboratorio*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Abierta Y A Distancia (UNAD)]. Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/jspui/bitstream/10596/28158/1/23756142.pdf>

Martínez, L. (2022). *Siembra de balsa: proceso productivo, comercialización y su incidencia ambiental en la comunidad de Salampe, provincia de Los Ríos*. [Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil]. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/58294>

Mendoza, K. (2019). *Efecto del tipo de solvente sobre la concentración de compuestos bioactivos, saponinas y características físicas de extractos de hojas de guayaba (Psidium guajava l.) Y aguacate (Persea americana mill)*. [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma del Estado de México]. Obtenido de http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/99169/Tesis_Kary.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Moncayo, G., Narváez-Muñoz, C., Villacís, N., y Melo, J. (2017). Caracterización de las propiedades mecánicas de la madera de balsa (*Ochroma Pyramidale*) ecuatoriana. 1-4. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Carla_Villacis/publication/325958635_Caracterizacion_de_las_propiedades_mecanicas_de_la_madera_de_balsa_Ochroma_Pyramidale_Ecuadoriana/links/5b4753d245851519b4b1b571/Caracterizacion-de-las-propiedades-mecanicas-de-la-m

Monsalvo, R. M., Romero, M., y Muñoz, G. (2014). *Balance de materia y energía. Procesos Industriales* (1ra ed.). Grupo Editorial Patria. Obtenido de <https://www.untumbes.edu.pe/vcs/biblioteca/document/varioslibros/Balance%20de%20materia%20y%20energ%C3%ADa.%20Procesos%20industriales.pdf>

Mora, K. (2021). *Utilización de plantas de interés medicinal en cuatro localidades de la zona sur de Manabí, Ecuador*. [Tesis de pregrado, Universidad Estatal del Sur de

- Manabí]. Obtenido de <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/3219/1/TESIS%20DE%20GRADO%20MORA%20ZAMORA%20KARLA%20JULEXI.pdf>
- Ortíz, Y., Valdés, D., Villa, O., Alvares, R., y Torres, S. (2012). Aplicación de extractos de hojas de *Ricinus communis* L. en el control de la Broca del cafeto. *Centro Agrícola*, 39(1), 85-90. Obtenido de http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/pdf/V39-Numero_1/cag161121842.pdf
- Palomares, I. (2019). *Obtención de fenoles totales de extractos hidroalcohólicos en diferentes tiempos de maceración de hojas de guayaba (Psidium guajava L.) y de aguacate (Persea americana Mill.)*. [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma del Estado de México]. Obtenido de <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/99168/Tesis%20Isa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Perdomo, A. (2009). *Contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante en extractos acuosos e hidroalcoholico de hojas y cortezas de Ochroma pyramidale (Cav. Ex. Lam.) Urban topa*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Obtenido de <http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/715/T.FRS-92.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pérez, A. (2018). *Caracterización física y mecánica de la madera de dos variedades de Ochroma pyramidale provenientes de Lacanjá Chansayab, Chiapas*. [Tesis de Maestría, El Colegio del Sur]. Obtenido de Repositorio ECOSUR. <https://207.249.117.48/jspui/handle/1017/2079>
- Pineda, I. (2019). *Desarrollo y optimización de aperitivos de cáscaras de mandarina y hojas de higo*. [Tesis de pregrado, Universidad del Azuay]. Obtenido de <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/9201>
- Plaza, E. (2015). Tamizaje fitoquímico preliminar, evaluación de la actividad antioxidante in vitro y toxicidad de seis especies de Ericaceas colombianas. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 20(2), 182-199. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1028-47962015000200004&script=sci_arttext&tlng=pt

- Portuguez-García, M., Agüero-Alvarado, R., y González-Lutz, M. (2020). Efecto preemergente del extracto de *Pinus* sp., en *Arthraxon quartinianus* (A. Rich.), en invernadero. *Revista Agronomía Mesoamericana*, 31(3), 761-767. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.15517/am.v31i3.39361>
- Ramírez, K. (2018). *Efecto alelopático del extracto acuoso de Calathea lutea (bijao) sobre la germinación de semillas y crecimiento de plántulas de Lactuca sativa (lechuga)*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia]. Obtenido de <http://repositorio.unia.edu.pe/bitstream/unia/178/1/TESIS%2007%20DE%20RAMIREZ%20CASTRO%20KRIS.pdf>
- Ramos, P. (2016). *Balsa" Ochroma pyramidale (Cav. ex Lam.) Urb. (Bombacaceae). Etnobotánica, anatomía, ensayos fitoquímicos y actividades biológicas*. [Tesis Doctoral, Universidad Nacional de La Plata]. Obtenido de Repositorio Institucional de la UNPL. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/56011>
- Ramos, S. (2019). *Evaluación de la obtención de azúcares reductores a partir del tallo de maíz de un cultivo ubicado en el municipio Gutierrez, Cundinamarca*. [Tesis de pregrado, Universidad El Bosque]. Obtenido de https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/2150/Ramos_Buitrago_Sara_Lucia_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Reginfo, D. (2018). Estudio fitoquímico cualitativo preliminar y cuantificación de flavonoides y taninos del extracto etanólico de hojas de *Desmodium vargasianum* Schubert. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 84(2), 175-182. Obtenido de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-634X2018000200002&script=sci_arttext
- Reyes, J., Salazar, A., y Ríos, H. (2017). Metabolitos secundarios de las plantas (angiospermas) y algunos usos interesantes. *UNO Sapiens Boletín Científico de la Escuela Preparatoria*, 2(4), 16-18. Obtenido de <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/prepa1/article/view/5122>
- Rodríguez, C., Zarate, A., y Sánchez, L. (2017). Actividad antimicrobiana de cuatro variedades de plantas frente a patógenos de importancia clínica en Colombia.

Revista Nova, 27, 119-129. Obtenido de <https://revistas.unicolmayor.edu.co/index.php/nova/article/view/582/949>

Rodríguez, R., Fuentes, F., Silva, J., Palacios, H., y Turrado, J. (2018). Relación de la estructura celular de la madera de teca (*Tectona grandis* L. f.) con diferentes edades y sitios de crecimiento. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 24(1), 101-114. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/rcscfa/v24n1/2007-4018-rcscfa-24-01-101-es.pdf>

Sánchez, R. (2016). *Actividad antagónica, antifúngica y fitotóxica de hongos endófitos de Gliricidia sepium (Fabaceae): identificación de metabolitos secundarios volátiles y no volátiles de Nodulisporium sp.* [Tesis Doctoral, Universidad Nacional Autónoma de México]. Obtenido de http://rdu.iquimica.unam.mx/bitstream/20.500.12214/585/1/Sanchez_Fernandez_tesisD_2016.pdf

Tacaliti, E., González, M., Ciriaco, C., Cosentino, M., Palomino, L., Margaría, C., . . . Romanelli, G. (2020). Síntesis de flavona amigable con el medio ambiente y su efecto sobre la interacción lechuga-áfidos. *Comunicación – Protección Vegetal - Investigación JoveN*, 7(1), 1-4. Obtenido de <http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/104813/.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Tipaz-Tipaz, E., Restrepo-Burgos, C., Solarte-Niquinas, P., y Mena-Guerrero, N. (2019). Caracterización fitoquímica de las hojas de *Phytolacca americana* y determinación de su potencial antifúngico. *Informador Técnico*, 84(1), 18-34. Obtenido de <https://doi.org/10.23850/22565035.1804>

Tituaña, W., & Zurita, K. (2020). *Estudio del perfil fitoquímico y reológico de dos Variedades de plantas mucilaginosas del cantón LA MANÁ: Herrania balaensis y Ochroma pyramidale.* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Cotopax]. Obtenido de <http://181.112.224.103/bitstream/27000/6688/1/PC-000867.pdf>

Torres, L., Díaz, E., y Rigueiro, A. (2017). Evaluación de la potencialidad bioherbicida de orégano, romero y tomillo sobre la germinación de *Rumex obtusifolius* L. y *Spergula arvensis* L. *XVI Congreso de la Sociedad Española de Malherbología.*

Obtenido de <https://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/27202/P4.8.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Vaquero, C. (2018). *Extracción y caracterización fisicoquímica a escala laboratorio de colorante natural de la hoja del árbol de teca (Tectona gradis) proveniente de la costa sur de Guatemala*. [Tesis Doctoral, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Obtenido de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/10913/1/Cecilia%20Dolores%20Vaquero%20Rivas.pdf>

Vásquez, M. (2015). Estudio fitoquímico y cuantificación de flavonoides totales de las hojas de *Piper peltatum* L. y *Piper aduncum* L. procedentes de la región Amazonas. *In Crescendo*, 6(1), 33-43. Obtenido de <https://revistas.uladech.edu.pe/index.php/increscendo/article/view/824/438>

Viera, L. (2020). *Evaluación de la fase de germinación in vitro en balsa Ochroma pyramidale (cav. ex lam.) urb.* [Tesis de pregrado, Universidad Estatal Amazónica]. Obtenido de Repositorio Digital de la Universidad Estatal Amazónica. <https://repositorio.uea.edu.ec/handle/123456789/800>

Viné, C., Guerrero, J., y Bensch, E. (2013). Efecto alelopático de extractos acuosos foliares de diez ecotipos de trigo (*Triticum aestivum* L.) sobre *Rumex acetosella* L. *Revista de IDESIA (Chile)*, 31(3), 77-87. Obtenido de <https://www.scielo.cl/pdf/idesia/v31n3/art11.pdf>

Wang, K., Wang, T., Ren, C., Dou, P., Miao, Z., Liu, X., y Wang, K. (2022). Aqueous extracts of three herbs allelopathically inhibit lettuce germination but promote seedling growth at low concentrations. *Plant-Plant Allelopathic Interactions*, 11(4), 486-486. doi:<https://doi.org/10.3390/plants11040486>

Wang, Z., Christie, P., Chen, Q., Liu, X., Xie, L., Bai, C., y Li, X. (2006). Allelopathic potential and chemical constituents of volatile oil from *Praxelis clematidea*. *Allelopathy Journal*, 18(2), 225-235.

11. ANEXOS

Anexo 1. Recolección de las hojas de teca y balsa



Anexo 2. Secado de las hojas de teca y balsa.



Anexo 3. Filtrado de los extractos de plantas vegetales.



Anexo 4. Tamizaje fitoquímico de los extractos de hojas de balsa y teca.







Anexo 5. Evaluación de contenido de fenoles de los extractos



Anexo 6. Rotoevaporación de los extractos de hojas de balsa y teca.



Anexo 7. Fraccionado de los extractos en soluciones acuosas y etanólicas.



Anexo 8. Preparación de las diluciones.



Anexo 9. Evaluación del efecto alelopático de los extractos de hojas de teca y balsa.





Anexo 10. Efecto alelopático de los extractos etanólicos y acuoso de las hojas de balsa y teca a las 120 horas.



Anexo 11. Registro de datos de las variables morfológicas y de germinación de las semillas de lechuga.

Trat.	Rep.	24 Horas						Trat.	48 Horas					
		NSG	%G	IRA	LR	LH	LC		NSG	%G	IRA	LR	LH	LC
Control H2O	1	8	40	-1,5	0,3	0,0	0,0	Control H2O	20	100	0,0	0,7	0,8	0,3
Control H2O	2	4	20	-4,0	0,2	0,0	0,0	Control H2O	18	90	-0,1	0,5	0,8	0,3
Control H2O	3	3	15	-5,7	0,4	0,0	0,0	Control H2O	18	90	-0,1	0,9	0,8	0,3
Control H2O	4	4	20	-4,0	0,2	0,0	0,0	Control H2O	19	95	-0,1	0,5	0,7	0,3
Control H2O	5	4	20	-4,0	0,2	0,0	0,0	Control H2O	17	85	-0,2	0,5	0,8	0,4
Controletanol	1	4	20	-4,0	0,3	0,0	0,0	Controletanol	18	90	-0,1	0,7	0,8	0,3
Controletanol	2	3	15	-5,7	0,2	0,0	0,0	Controletanol	16	80	-0,3	0,5	0,7	0,3
Controletanol	3	4	20	-4,0	0,3	0,0	0,0	Controletanol	16	80	-0,3	0,7	0,8	0,3
Controletanol	4	3	15	-5,7	0,2	0,0	0,0	Controletanol	18	90	-0,1	0,5	0,8	0,2
Controletanol	5	4	20	-4,0	0,3	0,0	0,0	Controletanol	18	90	-0,1	0,7	0,8	0,2
EAT-D1	1	3	15	-5,7	0,4	0,0	0,0	EAT-D1	13	65	-0,5	0,9	0,7	0,2
EAT-D1	2	4	20	-4,0	0,3	0,0	0,0	EAT-D1	14	70	-0,4	0,7	0,7	0,3
EAT-D1	3	3	15	-5,7	0,3	0,0	0,0	EAT-D1	15	75	-0,3	0,7	0,7	0,3
EAT-D1	4	3	15	-5,7	0,4	0,0	0,0	EAT-D1	20	100	0,0	0,9	0,7	0,3
EAT-D1	5	4	20	-4,0	0,3	0,0	0,0	EAT-D1	12	60	-0,7	0,7	0,7	0,3
EAT-D2	1	3	15	-5,7	0,2	0,0	0,0	EAT-D2	20	100	0,0	0,5	0,7	0,4
EAT-D2	2	3	15	-5,7	0,2	0,0	0,0	EAT-D2	4	20	-4,0	0,5	0,7	0,2
EAT-D2	3	4	20	-4,0	0,2	0,0	0,0	EAT-D2	9	45	-1,2	0,5	0,7	0,3
EAT-D2	4	5	25	-3,0	0,3	0,0	0,0	EAT-D2	8	40	-1,5	0,7	0,7	0,3
EAT-D2	5	3	15	-5,7	0,3	0,0	0,0	EAT-D2	14	70	-0,4	0,7	0,7	0,2
EAT-D3	1	3	15	-5,7	0,2	0,0	0,0	EAT-D3	20	100	0,0	0,5	0,7	0,3
EAT-D3	2	4	20	-4,0	0,2	0,0	0,0	EAT-D3	15	75	-0,3	0,5	0,7	0,3
EAT-D3	3	3	15	-5,7	0,3	0,0	0,0	EAT-D3	7	35	-1,9	0,7	0,7	0,3
EAT-D3	4	4	20	-4,0	0,3	0,0	0,0	EAT-D3	17	85	-0,2	0,7	0,7	0,3
EAT-D3	5	2	10	-9,0	0,2	0,0	0,0	EAT-D3	16	80	-0,3	0,5	0,7	0,3
EET-D1	1	2	10	-9,0	0,3	0,0	0,0	EET-D1	10	50	-1,0	0,7	0,7	0,3
EET-D1	2	3	15	-5,7	0,3	0,0	0,0	EET-D1	2	10	-9,0	0,7	0,7	0,2
EET-D1	3	2	10	-9,0	0,3	0,0	0,0	EET-D1	11	55	-0,8	0,7	0,7	0,3
EET-D1	4	2	10	-9,0	0,3	0,0	0,0	EET-D1	5	25	-3,0	0,7	0,7	0,3
EET-D1	5	3	15	-5,7	0,2	0,0	0,0	EET-D1	7	35	-1,9	0,5	0,7	0,2
EET-D2	1	1	5	-19,0	0,3	0,0	0,0	EET-D2	3	15	-5,7	0,7	0,6	0,3
EET-D2	2	2	10	-9,0	0,2	0,0	0,0	EET-D2	3	15	-5,7	0,5	0,6	0,2
EET-D2	3	1	5	-19,0	0,3	0,0	0,0	EET-D2	5	25	-3,0	0,7	0,6	0,2
EET-D2	4	1	5	-19,0	0,2	0,0	0,0	EET-D2	3	15	-5,7	0,5	0,6	0,2
EET-D2	5	1	5	-19,0	0,2	0,0	0,0	EET-D2	7	35	-1,9	0,5	0,6	0,2
EET-D3	1							EET-D3	10	50	-1,0	0,3		
EET-D3	2	2	10		0,2	0,0	0,0	EET-D3	5	25	-3,0	0,3	0,5	0,3
EET-D3	3							EET-D3	7	35	-1,9	0,5		
EET-D3	4	1	20	-19,0	0,3	0,0	0,0	EET-D3	7	35	-1,9	0,7	0,4	0,2
EET-D3	5	2	40	-9,0	0,3	0,0	0,0	EET-D3	13	65	-0,5	0,6	0,5	0,3

EAB-D1	1	4	80	-4,0	0,3	0,0	0,0	EAB-D1	19	95	-0,1	0,7	0,7	0,2
EAB-D1	2	3	60	-5,7	0,2	0,0	0,0	EAB-D1	28	140	0,3	0,5	0,7	0,2
EAB-D1	3	4	80	-4,0	0,3	0,0	0,0	EAB-D1	15	75	-0,3	0,7	0,7	0,2
EAB-D1	4	4	80	-4,0	0,3	0,0	0,0	EAB-D1	18	90	-0,1	0,7	0,7	0,2
EAB-D1	5	3	60	-5,7	0,2	0,0	0,0	EAB-D1	17	85	-0,2	0,5	0,7	0,3
EAB-D2	1	4	80	-4,0	0,3	0,0	0,0	EAB-D2	18	90	-0,1	0,7	0,7	0,2
EAB-D2	2	3	60	-5,7	0,2	0,0	0,0	EAB-D2	17	85	-0,2	0,5	0,7	0,2
EAB-D2	3	4	80	-4,0	0,2	0,0	0,0	EAB-D2	20	100	0,0	0,5	0,7	0,2
EAB-D2	4	3	60	-5,7	0,3	0,0	0,0	EAB-D2	17	85	-0,2	0,7	0,7	0,3
EAB-D2	5	4	80	-4,0	0,3	0,0	0,0	EAB-D2	19	95	-0,1	0,7	0,7	0,2
EAB-D3	1	3	60	-5,7	0,2	0,0	0,0	EAB-D3	10	50	-1,0	0,5	0,6	0,3
EAB-D3	2	4	80	-4,0	0,3	0,0	0,0	EAB-D3	8	40	-1,5	0,7	0,6	0,3
EAB-D3	3	3	60	-5,7	0,2	0,0	0,0	EAB-D3	9	45	-1,2	0,5	0,6	0,2
EAB-D3	4	4	80	-4,0	0,3	0,0	0,0	EAB-D3	7	35	-1,9	0,7	0,7	0,2
EAB-D3	5	3	60	-5,7	0,2	0,0	0,0	EAB-D3	10	50	-1,0	0,5	0,6	0,2
EEB-D1	1	4	80	-4,0	0,3	0,0	0,0	EEB-D1	7	35	-1,9	0,7	0,7	0,3
EEB-D1	2	4	80	-4,0	0,3	0,0	0,0	EEB-D1	14	70	-0,4	0,7	0,7	0,2
EEB-D1	3	3	60	-5,7	0,3	0,0	0,0	EEB-D1	16	80	-0,3	0,7	0,7	0,2
EEB-D1	4	2	40	-9,0	2,0	0,0	0,0	EEB-D1	14	70	-0,4	4,6	0,6	0,3
EEB-D1	5	4	80	-4,0	0,3	0,0	0,0	EEB-D1	10	50	-1,0	0,7	0,7	0,2
EEB-D2	1	3	60	-5,7	0,3	0,0	0,0	EEB-D2	18	90	-0,1	0,7	0,6	0,2
EEB-D2	2	2	40	-9,0	0,2	0,0	0,0	EEB-D2	13	65	-0,5	0,5	0,7	0,1
EEB-D2	3				0,3	0,0	0,0	EEB-D2	10	50	-1,0	0,4	0,8	0,3
EEB-D2	4	2	40	-9,0	0,3	0,0	0,0	EEB-D2	12	60	-0,7	0,7	0,7	0,2
EEB-D2	5	1	20	-19,0	0,2	0,0	0,0	EEB-D2	10	50	-1,0	0,5	0,6	0,2
EEB-D3	1							EEB-D3	12	60	-0,7	0,4	0,4	0,1
EEB-D3	2							EEB-D3	8	40	-1,5	0,5	0,5	0,1
EEB-D3	3							EEB-D3	7	35	-1,9	0,3	0,6	0,2
EEB-D3	4	2	40	-9,0	0,2	0,0	0,0	EEB-D3	11	55	-0,8	0,4	0,5	0,1
EEB-D3	5	3	60	-5,7	0,3	0,0	0,0	EEB-D3	6	30	-2,3	0,5	0,8	0,3

Trat.	72 Horas						Trat.	96 horas				
	NSG	%G	IRA	LR	LH	LC		NSG	%G	LR	LH	LC
Control H2O	20	100		1,2	1,9	0,51	Control H2O		1,9	3,0	0,9	
Control H2O	20	100		0,8	1,8	0,51	Control H2O		1,8	2,9	0,9	
Control H2O	20	100		1,6	1,9	0,55	Control H2O		1,7	3,1	0,9	
Control H2O	20	100		0,8	1,8	0,59	Control H2O		1,9	2,9	1,0	
Control H2O	18	90		0,8	2,0	0,71	Control H2O		1,7	3,1	1,2	
Controletanol	20	100	0,0	1,2	1,8	0,59	Controletanol		1,6	2,9	1,0	
Controletanol	18	90	-0,1	0,8	1,8	0,55	Controletanol		1,9	2,8	0,9	
Controletanol	17	85	-0,2	1,2	2,0	0,63	Controletanol		1,8	3,2	1,1	
Controletanol	18	90	-0,1	0,8	1,9	0,47	Controletanol		1,9	3,0	0,8	
Controletanol	18	90	-0,1	1,2	1,8	0,47	Controletanol		1,4	2,9	0,8	

EAT-D1	13	65	-0,5	1,6	1,8	0,47	EAT-D1		1,5	2,9	0,8
EAT-D1	14	70	-0,4	1,2	1,8	0,55	EAT-D1		1,5	2,8	0,9
EAT-D1	16	80	-0,3	1,2	1,8	0,51	EAT-D1		1,6	2,8	0,9
EAT-D1	20	100	0,0	1,6	1,7	0,67	EAT-D1		1,7	2,7	1,1
EAT-D1	12	60	-0,7	1,2	1,8	0,59	EAT-D1		1,4	2,8	1,0
EAT-D2	20	100	0,0	0,8	1,8	0,75	EAT-D2		1,5	2,9	1,3
EAT-D2	5	25	-3,0	0,8	1,8	0,47	EAT-D2		1,6	2,8	0,8
EAT-D2	9	45	-1,2	0,8	1,7	0,51	EAT-D2		1,4	2,7	0,9
EAT-D2	8	40	-1,5	1,2	1,8	0,63	EAT-D2		1,4	2,8	1,1
EAT-D2	15	75	-0,3	1,2	1,6	0,43	EAT-D2		1,5	2,6	0,7
EAT-D3	20	100	0,0	0,8	1,6	0,59	EAT-D3		1,4	2,5	1,0
EAT-D3	15	75	-0,3	0,8	1,6	0,51	EAT-D3		1,3	2,6	0,9
EAT-D3	7	35	-1,9	1,2	1,7	0,51	EAT-D3		1,3	2,7	0,9
EAT-D3	17	85	-0,2	1,2	1,6	0,63	EAT-D3		1,2	2,6	1,1
EAT-D3	18	90	-0,1	0,8	1,7	0,55	EAT-D3		1,3	2,7	0,9
EET-D1	10	50	-1,0	1,2	1,8	0,51	EET-D1		1,4	2,8	0,9
EET-D1	2	10	-9,0	1,2	1,6	0,47	EET-D1		1,5	2,9	0,8
EET-D1	12	60	-0,7	1,2	1,8	0,59	EET-D1		1,4	2,8	1,0
EET-D1	5	25	-3,0	1,2	1,6	0,55	EET-D1		1,4	2,9	0,9
EET-D1	7	35	-1,9	0,8	1,8	0,47	EET-D1		1,5	2,8	0,8
EET-D2	3	15	-5,7	1,2	1,4	0,55	EET-D2		1,1	2,3	0,9
EET-D2	3	15	-5,7	0,8	1,5	0,43	EET-D2		1,2	2,3	0,7
EET-D2	5	25	-3,0	1,2	1,5	0,39	EET-D2		1,1	2,4	0,7
EET-D2	4	20	-4,0	0,8	1,5	0,35	EET-D2		1,1	2,5	0,6
EET-D2	7	35	-1,9	0,8	1,4	0,31	EET-D2		1,0	2,3	0,5
EET-D3	10	50	-1,0	0,0	0,8	0,27	EET-D3		0,9	1,3	0,5
EET-D3	5	25	-3,0	0,7	0,6	0,6	EET-D3		0,6	1,2	0,6
EET-D3	7	35	-1,9	0,6	0,9	0,5	EET-D3		0,8	1,4	0,8
EET-D3	8	40	-1,5	1,2	0,9	0,3	EET-D3		0,8	1,4	0,6
EET-D3	13	65	-0,5	1,4	0,7	0,5	EET-D3		0,7	1,5	0,7
EAB-D1	19	95	-0,1	1,2	1,8	0,43	EAB-D1		1,5	2,8	0,9
EAB-D1	28	140	0,3	0,8	1,7	0,47	EAB-D1		1,5	2,7	0,9
EAB-D1	16	80	-0,3	1,2	1,7	0,4	EAB-D1		1,4	2,7	0,8
EAB-D1	18	90	-0,1	1,2	1,8	0,37	EAB-D1		1,5	2,9	0,7
EAB-D1	17	85	-0,2	0,8	1,8	0,5	EAB-D1		1,3	2,8	1,0
EAB-D2	18	90	-0,1	1,2	1,6	0,4	EAB-D2		1,2	2,6	0,8
EAB-D2	19	95	-0,1	0,8	1,6	0,43	EAB-D2		1,2	2,5	0,9
EAB-D2	20	100	0,0	0,8	1,7	0,41	EAB-D2		1,3	2,7	0,8
EAB-D2	17	85	-0,2	1,2	1,7	0,43	EAB-D2		1,1	2,7	0,9
EAB-D2	19	95	-0,1	1,2	1,6	0,47	EAB-D2		1,3	2,6	0,9
EAB-D3	10	50	-1,0	0,8	1,5	0,33	EAB-D3		1,1	2,5	0,7
EAB-D3	8	40	-1,5	1,2	1,5	0,3	EAB-D3		1,1	2,4	0,6
EAB-D3	9	45	-1,2	0,8	1,5	0,4	EAB-D3		1,0	2,5	0,8
EAB-D3	7	35	-1,9	1,2	1,6	0,33	EAB-D3		1,1	2,5	0,7
EAB-D3	10	50	-1,0	0,8	1,5	0,33	EAB-D3		1,0	2,4	0,7

EEB-D1	7	35	-1,9	1,2	1,8	0,43	EEB-D1		1,3	2,9	0,9
EEB-D1	14	70	-0,4	1,2	1,7	0,47	EEB-D1		1,3	2,9	0,9
EEB-D1	16	80	-0,3	1,2	1,8	0,4	EEB-D1		1,3	2,8	0,8
EEB-D1	14	70	-0,4	8,0	1,4	0,35	EEB-D1		1,1	2,3	0,7
EEB-D1	10	50	-1,0	1,2	1,7	0,3	EEB-D1		1,2	2,7	0,9
EEB-D2	18	90	-0,1	1,2	1,5	0,4	EEB-D2		1,1	2,3	0,8
EEB-D2	13	65	-0,5	0,8	1,6	0,2	EEB-D2		1,1	2,5	0,7
EEB-D2	10	50	-1,0	1,3	1,5	0,4	EEB-D2		1,2	2,6	0,8
EEB-D2	12	60	-0,7	1,2	1,6	0,3	EEB-D2		1,1	2,5	0,7
EEB-D2	10	50	-1,0	0,8	1,5	0,4	EEB-D2		1,0	2,6	0,8
EEB-D3	12	60	-0,7	0,7	1,4	0,2	EEB-D3		1,2	2,3	0,6
EEB-D3	8	40	-1,5	0,6	1,3	0,4	EEB-D3		0,8	2,4	0,5
EEB-D3	7	35	-1,9	0,5	1,2	0,2	EEB-D3		0,8	2,6	0,6
EEB-D3	11	55	-0,8	0,8	1,3	0,27	EEB-D3		0,7	2,1	0,5
EEB-D3	6	30	-2,3	0,7	1,5	0,1	EEB-D3		0,9	2,2	0,6

	120 horas			
Trat.	IRA	LR	LH	LC
Control H2O		2,8	4,5	1,3
Control H2O		2,7	4,4	1,3
Control H2O		2,5	4,6	1,4
Control H2O		2,9	4,3	1,5
Control H2O		2,6	4,7	1,8
Controletanol		2,4	4,4	1,5
Controletanol		2,8	4,2	1,4
Controletanol		2,7	4,8	1,6
Controletanol		2,9	4,5	1,2
Controletanol		2,1	4,4	1,2
EAT-D1		2,3	4,3	1,2
EAT-D1		2,2	4,2	1,4
EAT-D1		2,4	4,2	1,3
EAT-D1		2,5	4,1	1,7
EAT-D1		2,1	4,2	1,5
EAT-D2		2,3	4,3	1,9
EAT-D2		2,4	4,2	1,2
EAT-D2		2,1	4,1	1,3
EAT-D2		2,1	4,2	1,6
EAT-D2		2,2	3,9	1,1
EAT-D3		2,1	3,8	1,5
EAT-D3		2,0	3,9	1,3
EAT-D3		1,9	4,0	1,3
EAT-D3		1,8	3,9	1,6
EAT-D3		1,9	4,1	1,4
EET-D1		2,1	4,2	1,3

EET-D1		2,3	4,3	1,2
EET-D1		2,1	4,2	1,5
EET-D1		2,1	4,3	1,4
EET-D1		2,2	4,2	1,2
EET-D2		1,6	3,4	1,4
EET-D2		1,8	3,5	1,1
EET-D2		1,7	3,6	1,0
EET-D2		1,6	3,7	0,9
EET-D2		1,5	3,4	0,8
EET-D3		1,3	2,0	0,7
EET-D3		1,5	2,4	0,8
EET-D3		1,6	2,2	0,9
EET-D3		1,2	2,1	0,9
EET-D3		1,5	2,4	1,0
EAB-D1		2,3	4,2	1,3
EAB-D1		2,2	4,1	1,4
EAB-D1		2,1	4,1	1,2
EAB-D1		2,3	4,3	1,1
EAB-D1		2,0	4,2	1,5
EAB-D2		1,8	3,9	1,2
EAB-D2		1,8	3,8	1,3
EAB-D2		1,9	4,0	1,2
EAB-D2		1,7	4,1	1,3
EAB-D2		1,9	3,9	1,4
EAB-D3		1,7	3,7	1,0
EAB-D3		1,7	3,6	0,9
EAB-D3		1,5	3,7	0,9
EAB-D3		1,6	3,8	1,0
EAB-D3		1,5	3,6	1,0
EEB-D1		2,0	4,3	1,3
EEB-D1		1,9	4,3	1,4
EEB-D1		1,9	4,2	1,2
EEB-D1		1,6	3,4	1,3
EEB-D1		1,8	4,0	1,3
EEB-D2		1,7	3,5	1,2
EEB-D2		1,6	3,8	1,1
EEB-D2		1,5	3,4	1,3
EEB-D2		1,7	3,8	1,2
EEB-D2		1,5	3,9	1,2
EEB-D3		1,5	3,1	0,8
EEB-D3		1,6	3,4	0,6
EEB-D3		1,5	3,6	0,5
EEB-D3		1,1	3,1	0,8
EEB-D3		1,2	3,1	0,7

