



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE GUAYAQUIL**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA**

**EXPLORACIÓN DE LOS METABOLITOS SECUNDARIOS DE *IXORA*  
*COCCINEA* MEDIANTE UN TAMIZAJE FITOQUIMICO Y ACTIVIDAD  
BIOLÓGICA PARA SU APROVECHAMIENTO BIOTECNOLÓGICO EN EL  
ECUADOR**

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
Título de Ingeniera en Biotecnología

**AUTORES:**

NAYELY SOFIA CARAGUAY CARCHI

EMILY CAROLINA CHONG HERMENEGILDO

**TUTOR:** ING. JOSÉ LUIS BALLESTEROS LARA Ph.D.

Guayaquil - Ecuador

2024

## **CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Nosotras, Nayely Sofía Caraguay Carchi con documento de identificación N°0953316700 y Emily Carolina Chong Hermenegildo con documento de identificación N°0931642557; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

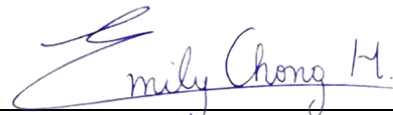
Guayaquil, 26 de febrero del año 2024

Atentamente,



Nayely Sofía Caraguay Carchi

0953316700



Emily Carolina Chong Hermenegildo

0931642557

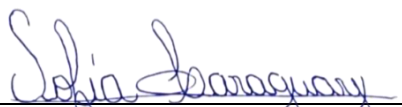
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotras, Nayely Sofía Caraguay Carchi con documento de identificación N°0953316700 y Emily Carolina Chong Hermenegildo con documento de identificación N°0931642557, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del proyecto de investigación: “Exploración de los metabolitos secundarios de *Ixora coccinea* mediante un tamizaje fitoquímico y actividad biológica para su aprovechamiento biotecnológico en el Ecuador” el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniería en Biotecnología, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

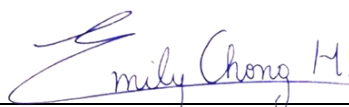
Guayaquil, 26 de febrero del año 2024

Atentamente,



Nayely Sofía Caraguay Carchi

0953316700



Emily Carolina Chong Hermenegildo

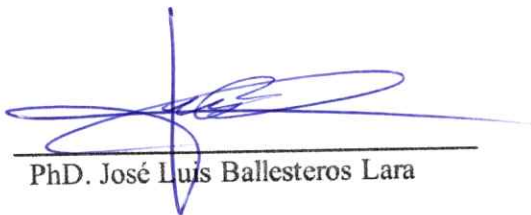
0931642557

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, José Luis Ballesteros Lara con documento de identificación N°1714838123, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: *EXPLORACIÓN DE LOS METABOLITOS SECUNDARIOS DE IXORA COCCINEA MEDIANTE UN TAMIZAJE FITOQUIMICO Y ACTIVIDAD BIOLÓGICA PARA SU APROVECHAMIENTO BIOTECNOLÓGICO EN EL ECUADOR*, realizado por Nayely Sofía Caraguay Carchi con documento de identificación N°0953316700 y Emily Carolina Chong Hermenegildo con documento de identificación N°0931642557, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Trabajo Experimental que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 26 de febrero del año 2024

Atentamente,



---

PhD. José Luis Ballesteros Lara

1714838123

## **Dedicatoria**

A nuestra familia, especialmente a nuestros padres y hermanos, quienes siempre nos han brindado un amor incondicional, apoyo constante y la inspiración necesaria para seguir adelante en cada etapa de este viaje.

A nuestros amigos, que han sido más que compañeros de viaje, convirtiéndose en una fuente de alegría, motivación y apoyo inestimable. Gracias por estar ahí en cada paso del camino, por las risas compartidas, los consejos oportunos y los momentos de desahogo que tanto necesitábamos.

Esta tesis es el resultado de nuestro esfuerzo y dedicación, del amor, la paciencia y el soporte que nos ha brindado. A través de este logro, deseamos honrar todos esos momentos compartidos, las lecciones aprendidas y el inmenso apoyo recibido.

Con profundo amor,

Emily y Sofía

## **Agradecimiento**

Nos sentimos profundamente agradecidas y honradas de presentar nuestro trabajo de tesis, el cual no hubiera sido posible sin la guía, el apoyo y la sabiduría de muchas personas que nos acompañaron en este viaje académico.

Ante todo, expresamos nuestra más profunda gratitud a Dios, quien ha sido nuestra guía en cada paso de este camino, brindándonos la fortaleza y el juicio necesarios para enfrentar y superar cada obstáculo. Un agradecimiento especial a nuestros padres por su apoyo constante a lo largo de toda nuestra vida académica. Su amor incondicional, sacrificio y fe inquebrantable en nuestras capacidades han sido la fuente de nuestra fuerza y motivación.

De igual forma, agradecemos sinceramente a los docentes de nuestra carrera, cuya enseñanza especializada y orientación han sido esenciales para nuestro desarrollo académico y personal.

Este viaje ha sido una experiencia transformadora, estamos agradecidos por cada lección aprendida, cada desafío superado y cada momento compartido con aquellos que han sido parte de esta etapa.

## Resumen

En la presente investigación se analiza la especie *I. coccinea*, perteneciente a la familia Rubiaceae. Se recolectaron hojas de esta especie en el Campus María Auxiliadora de la Universidad Politécnica Salesiana, posteriormente se preparó un extracto hidroalcohólico, el cual fue sometido a un tamizaje fitoquímico, estas pruebas revelaron la presencia de diversos metabolitos, incluyendo alcaloides, saponinas, flavonoides, carbohidratos, triterpenos, cumarinas, terpenoides y lactonas sesquiterpénicas. Mediante la técnica de espectroscopía FTIR, se evidenció que el compuesto de Canela de Saigón (*Cinnamomum loureiroi*) mostró la mayor similitud con el extracto, alcanzando un 61.26%. Adicionalmente, se evaluó la capacidad antioxidante del extracto utilizando el método DPPH, obteniendo un IC<sub>50</sub> de 10.65 microgramos sobre mililitros, demostrando que *I. coccinea* posee una alta actividad antioxidante ofreciendo oportunidades para su aplicación en sectores como la medicina, agricultura, industria alimentaria y cosmética. Estos resultados prometedores sugieren que *I. coccinea* es una planta con un gran potencial biotecnológico, mereciendo una investigación más profunda para explorar sus beneficios y aplicaciones potenciales.

**Palabras claves:** *Ixora coccinea*, tamizaje fitoquímico, FT-IR, DPPH, metabolitos secundarios, actividad antioxidante.

## Abstract

In this study, we conducted a research of the *I. coccinea* shrub that belong to the Rubiaceae family. We collected leaves from this plant at Universidad Politécnica Salesiana, Campus María Auxiliadora, and prepared a hydroalcoholic extract. Phytochemical screening of this extract revealed a variety of metabolites, including alkaloids, saponins, flavonoids, carbohydrates, triterpenes, coumarins, terpenoids, and sesquiterpene lactones. Using FTIR spectroscopy, we found that Saigon Cinnamon (*Cinnamomum loureiroi*) had the closest match to our extract, with a 61.26% similarity. We also assessed the antioxidant capacity of the extract using the DPPH method and found an IC<sub>50</sub> of 10.65 micrograms per milliliter, indicating that *I. coccinea* has significant antioxidant activity. This creates opportunities for its use in fields like medicine, agriculture, the food industry, and cosmetics. The encouraging results from our study suggest that *I. coccinea* has substantial biotechnological potential, ensuring further research to uncover its benefits and possible applications.

**Keywords:** *Ixora coccinea*, phytochemical screening, FT-IR, DPPH, secondary metabolites, antioxidant activity.



## Índice de contenido

1. Introducción .....	1
1.1 Problema .....	2
1.2 Delimitación.....	3
1.3 Pregunta de investigación .....	3
1.4 Objetivos.....	4
1.4.1 Objetivo general .....	4
1.4.2 Objetivos específicos.....	4
1.5 Hipótesis .....	4
2. Fundamento teórico.....	5
2.1 Bosque Seco Tropical .....	5
2.2 Plantas medicinales en Ecuador.....	7
2.3 Descripción botánica de la especie <i>Ixora coccinea</i> .....	9
2.4 Extractos vegetales.....	12
2.5 Métodos de extracción .....	13
2.5.1 Extracción Soxhlet .....	13
2.5.2 Otros métodos de extracción .....	15
2.6 Metabolitos secundarios.....	17
2.7 Tamizaje fitoquímico .....	17
2.8 Liofilización.....	18
2.9 Espectrometría Infrarroja por Transformada de Fourier (FT-IR).....	19
2.10 Actividad biológica .....	20
2.10.1 Evaluación de la actividad antioxidante mediante el método DPPH .....	21
2.10.2 Otros métodos de actividad antioxidante .....	22
3. Materiales y métodos.....	23
3.1 Localización y recolección del material vegetal.....	23
3.2 Elaboración de extractos hidroalcohólicos .....	23
3.2.1 Secado del material vegetal.....	23
3.2.2 Extracto hidroalcohólico .....	24
3.2.2.1 Purificación del extracto hidroalcohólico.....	24
3.3 Tamizaje fitoquímico .....	24
3.3.1 Determinación de alcaloides .....	25

3.3.1.1 Prueba de Mayer.....	26
3.3.1.2 Prueba de Dragendorff.....	26
3.3.1.3 Prueba de Hager.....	26
3.3.1.4 Prueba de Wagner .....	26
3.3.2.1 Prueba de peróxido .....	27
3.3.2.2 Prueba de Molish.....	27
3.3.3 Determinación de lactonas sesquiterpénicas .....	27
3.3.3.1 Prueba de Baljet.....	27
3.3.4 Determinación flavonoides .....	28
3.3.4.1 Prueba de Shinoda .....	28
3.3.4.2 Prueba de ácido sulfúrico .....	28
3.3.4.3 Prueba de zinc.....	28
3.3.5 Determinación de cumarinas.....	29
3.3.5.1 Prueba de hidróxido de sodio .....	29
3.3.6 Determinación de glucósidos cardiotónicos.....	29
3.3.6.1 Prueba de Keller-Kilani .....	29
3.3.7 Determinación de carbohidratos.....	29
3.3.7.1 Prueba de Benedict .....	29
3.3.7.2 Prueba de Fehling.....	30
3.3.8 Determinación de proteínas.....	30
3.3.8.2 Prueba de terpenoides .....	30
3.3.9 Determinación de triterpenos .....	30
3.3.9.1 Prueba de Salkowski.....	30
3.4 Liofilización.....	31
3.5 FT-IR.....	31
3.6 Actividad biológica .....	31
3.6.1 Evaluación de la actividad antioxidante mediante el método del radical DPPH31	
4. Resultados y discusión.....	34
4.1 Localización y recolección del material vegetal .....	34
4.2 Elaboración de extracto hidroalcohólico .....	36
4.2.1 Lavado y secado del material vegetal .....	36
4.2.2 Extracto hidroalcohólico .....	37

4.3 Purificación del extracto hidroalcohólico .....	37
4.4 Determinación de metabolitos secundarios .....	38
4.4.1 Alcaloides .....	39
4.4.2 Flavonoides .....	41
4.4.3 Cumarinas.....	42
4.4.4 Glucósidos cardiotónicos .....	43
4.4.5 Carbohidratos .....	44
4.4.6 Terpenoides .....	45
4.4.7 Triterpenos.....	46
4.4.8 Saponinas .....	47
4.4.9 Lactonas Sesquiterpénicas.....	48
4.5 Espectroscopía Infrarroja por Transformada de Fourier (FT-IR).....	49
4.5.1 Análisis de FT-IR del extracto hidroalcohólico.....	49
4.6 Actividad biológica .....	52
4.6.1 Evaluación de la actividad antioxidante mediante el método DPPH .....	52
5. Conclusiones.....	55
6. Recomendaciones .....	56
7. Referencias .....	57

## Índice de figuras

<i>Figura 1.</i> Regiones del bosque seco tropical en Centroamérica y Sudamérica .....	5
<i>Figura 2.</i> Arbusto de <i>Ixora coccinea</i> .....	10
<i>Figura 3.</i> Diversidad de colores que presenta <i>Ixora coccinea</i> . .....	10
<i>Figura 4.</i> Fruto de <i>Ixora coccinea</i> .....	11
<i>Figura 5.</i> Ilustración esquemática de la técnica Soxhlet.....	14
<i>Figura 7.</i> Procedimiento del proceso DPPH .....	21
<i>Figura 8.</i> Localización de recolección de hojas de <i>I. coccinea</i> .....	34
<i>Figura 9.</i> Recolección de la especie <i>I. coccinea</i> .....	35
<i>Figura 10.</i> Lavado y secado de muestra vegetal. ....	36
<i>Figura 11.</i> Pulverizado de hojas de <i>I. coccinea</i> .....	36
<i>Figura 12.</i> Elaboración de extracto hidroalcohólico .....	37
<i>Figura 13.</i> Purificación de extracto hidroalcohólico.....	38
<i>Figura 14.</i> Resultados de las pruebas fitoquímicas para alcaloides .....	40
<i>Figura 15.</i> Resultados de las pruebas fitoquímicas para flavonoides .....	41
<i>Figura 16.</i> Resultados de las pruebas fitoquímicas para cumarinas.....	42
<i>Figura 17.</i> Resultados de las pruebas fitoquímicas para glucósidos cardiotónicos. ....	43
<i>Figura 18.</i> Resultados de las pruebas fitoquímicas para carbohidratos .....	44
<i>Figura 19.</i> Resultados de las pruebas fitoquímicas para terpenoides.....	45
<i>Figura 20.</i> Resultados de las pruebas fitoquímicas para triterpenos. ....	46
<i>Figura 21.</i> Resultados de las pruebas fitoquímicas para saponinas. ....	47
<i>Figura 22.</i> Resultados de las pruebas fitoquímicas para lactonas sesquiterpénicas.....	48
<i>Figura 23.</i> Inhibición del radical DPPH según su concentración. ....	53

## Índice de tablas

Tabla 1. División taxonómica de <i>I. coccinea</i> .....	9
Tabla 2. Ensayos realizados para la identificación de metabolitos secundarios.....	25
Tabla 3. Preparación de las soluciones para analizar actividad antioxidante .....	32
Tabla 4. Descripción de las características morfológicas de las hojas <i>I. coccinea</i> .....	35
Tabla 5. Tamizaje fitoquímico del extracto hidroalcohólico de hojas de <i>I. Coccinea</i> ....	39
Tabla 6. Descripción de compuestos similares a <i>I. coccinea</i> .....	49
Tabla 7. Resultados de la prueba antioxidante DPPH. ....	52

## 1. Introducción

El bosque seco tropical es un ecosistema biodiverso caracterizado por un clima tropical estacional, con períodos prolongados de sequía y estaciones húmedas más breves que alberga a una gran cantidad de especies animales y vegetales (Siyum, 2020). Este ecosistema único, es el hogar de numerosas familias botánicas, entre las cuales destaca la familia Rubiaceae (Ruiz & Saab, 2020). La familia Rubiaceae engloba una amplia variedad de plantas herbáceas, arbustivas y arbóreas que pueden ser encontradas en distintos nichos ecológicos, siendo una de las más grandes alrededor del continente con un total de entre 623 géneros y 10,200 especies (Mendoza & Valadez, 2021).

Entre las plantas más notables de la familia Rubiaceae se encuentran la cinchona (*Cinchona spp.*), fuente principal de quinina utilizada para tratar la malaria, la rubia de tinte (*Rubia tinctorum*), conocida por ser una fuente natural de colorante rojo utilizado en la industria textil y alimentaria, el café (*Coffea arabica*), una de las bebidas más populares alrededor del mundo debido a sus características y componentes únicos (Torres & Torres, 2022). No obstante, dentro de esta familia, destaca *Ixora coccinea*, una planta adaptada a climas cálidos que florece en condiciones intensas de sol y destaca por su valor estético debido a que es frecuentemente admirada en jardines, viveros, parques y calles por sus brillantes flores (Álvarez et al., 2019).

Además de ser llamativa, esta especie también interesa a la comunidad científica por su diversidad biológica e impacto en diversas industrias como lo menciona un artículo realizado en la Universidad Federal Urdu que destaca los múltiples efectos medicinales de *I. coccinea*,

incluyendo su capacidad para tratar el asma, reducir los niveles de lípidos y de glucosa, previene el crecimiento celular anormal, además de ser efectiva contra úlceras y parásitos, así como actividades antioxidantes, propiedades protectoras del hígado y productos químicos nocivos (Muhammad et al., 2020).

Además, un estudio realizado en el Instituto Central de Investigación Tecnológica de Alimentos en India encontró que las frutas de *I. coccinea* contienen altos niveles de fenoles, flavonoides y antocianinas, conocidos por sus efectos beneficiosos para la salud comprobando así su actividad antioxidante y citotoxicidad contra células de carcinoma de próstata humana, lo que sugiere su potencial para el desarrollo de nuevos tratamientos para el cáncer de próstata (Shreelakshmi et al., 2021).

Mientras, que otro estudio realizado en el Instituto Nacional de Tecnología de Rourkela demostró que los pigmentos de la biomasa floral de *I. coccinea* son biodegradables, no tóxicos y se pueden extraer de forma rentable, comprobando que las flores de planta pueden ser una alternativa sostenible y natural a los colorantes sintéticos (Guddi et al., 2022).

## **1.1 Problema**

En el ámbito científico del país, se presenta una significativa carencia de conocimiento respecto a los metabolitos secundarios que conforman la especie *I.coccinea*. A pesar de ser una planta que despierta interés tanto por sus propósitos ornamentales, su potencial biotecnológico aún permanece desconocido e inexplorado. Esta falta de conocimiento radica

en la ausencia de métodos de análisis estandarizados y la creciente necesidad de identificar compuestos químicos con posibles aplicaciones medicinales o industriales.

El descifrar y comprender la diversidad metabólica de esta planta, así como la identificación de sus principios activos, no sólo es un paso esencial para llenar la brecha de conocimiento científico, sino que también puede abrir las puertas de aplicaciones ambientales, industriales, agrícolas, salud pública y futuras investigaciones, con implicaciones que van más allá del ámbito científico, abordando cuestiones de conservación de la biodiversidad y uso sostenible de recursos naturales en la región. Esta investigación tiene el potencial de aportar claridad sobre un tema de gran relevancia científica y aplicada. Además de contribuir al enriquecimiento de nuestra comprensión de las propiedades de nuestras plantas con su potencial para beneficiar a la sociedad y la biodiversidad de Ecuador.

## **1.2 Delimitación**

El trabajo de investigación se desarrolló en el campus María Auxiliadora de la Universidad Politécnica Salesiana, en el kilómetro 19,5 de Vía a la Costa, Guayaquil, Ecuador. En este lugar, se llevaron a cabo la recolección, identificación y análisis de diversas pruebas científicas focalizadas en el estudio de la especie *Ixora coccinea*.

## **1.3 Pregunta de investigación**

¿Existen metabolitos secundarios con actividad antioxidante en *Ixora coccinea* para posibles aplicaciones biotecnológicas?



## 1.4 Objetivos

### 1.4.1 Objetivo general

Realizar un estudio fitoquímico y de actividad biológica en extractos hidroalcohólicos de las hojas de *Ixora coccinea*.

### 1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar la presencia de metabolitos secundarios mediante tamizaje fitoquímico en los extractos hidroalcohólicos de las hojas de *Ixora coccinea*.
- Cuantificar la actividad antioxidante en los extractos hidroalcohólicos de las hojas de *Ixora coccinea*., a través del método del radical libre 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH).

## 1.5 Hipótesis

**Hipótesis nula:** Las hojas de *Ixora coccinea* contienen metabolitos secundarios con actividad antioxidante para posibles aplicaciones biotecnológicas.

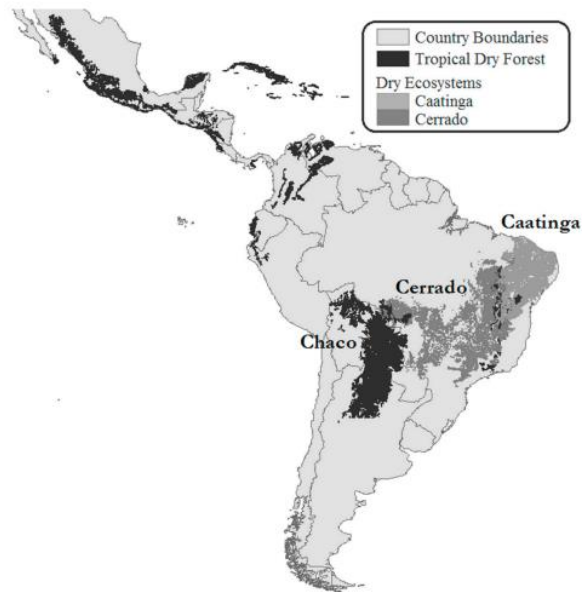
**Hipótesis alternativa:** Las hojas de *Ixora coccinea* no contienen metabolitos secundarios con actividad antioxidante para posibles aplicaciones biotecnológicas.

## 2. Fundamento teórico

### 2.1 Bosque Seco Tropical

El bosque tropical es el segundo tipo más extendido de bosque en zonas tropicales y subtropicales, abarcando alrededor del 42% de estas áreas, se caracteriza por su naturaleza caducifolia y enfrenta un período de sequía que dura entre 3 y 9 meses, con precipitaciones anuales que varían de 250 a 2000 mm (Hasnat & Hossain, 2019).

Las regiones de bosque seco tropical alrededor del mundo van desde América Central y del Sur, el suroeste de África, India Central, el suroeste de Asia y Australia (Rivero et al., 2022). En la Figura 1, se puede apreciar la ubicación de los bosques secos tropicales en Centro y Sudamérica, comprendiendo un espacio geográfico desde el sur de México, tierras bajas de Bolivia, en el centro de Brasil, los valles de los Andes, y la región costera del océano Pacífico al sur de la línea ecuatorial, abarcando áreas de Perú y Ecuador.



*Figura 1.* Regiones del bosque seco tropical en Centroamérica y Sudamérica

Fuente: (Stan & Sánchez, 2019)

Los bosques secos costeros de la región Tumbesina del Pacífico, se extienden a lo largo de 135,000 km<sup>2</sup> entre Ecuador y Perú, se localizan desde el nivel del mar hasta los 1,000 metros de altura en el suroeste y noroeste de ambos países (Aguirre et al., 2013).

El bosque seco tropical destaca por su alta biodiversidad, con una fauna que incluye desde mamíferos, reptiles, anfibios, aves hasta artrópodos, mientras que su flora es de densa vegetación, arboles altos, helechos, enredaderas y líquenes que cubren rocas y cortezas de los árboles (Navarro et al., 2016).

En Ecuador, el Bosque Protector Cerro Blanco en Guayaquil, es un destacado ejemplo de bosque seco tropical, alberga una diversidad extraordinaria con aproximadamente 700 especies de plantas y árboles, incluyendo los guayacanes (*Tabebuia Chrysantha*), el muyuyo (*Cordia lutea*), las acacias (*Acacia Mill*), los ceibos (*Ceiba Trichistandra*) y el hualtaco (*Ficus Membranacea*) (Delgado et al., 2017).

En cuanto a su fauna, alberga 240 especies de aves, como el gavián dorsigris (*Leucopternis occidentalis*), el papagayo de Guayaquil (*Ara ambiguus guayaquilensis*) y el jilguero azafranado (*Carduelis siemiradzki*), 54 especies de mamíferos como el venado de cola blanca (*Odocoileus virginianus*), puma (*Puma concolor*), mono aullador (*Alouatta*), 12 especies de reptiles como las lagartijas, guagsas iridiscentes de la costa (*Stenocercus iridescens*) y 8 especies de anfibios (BPCB, 2021).

El bosque seco tropical es esencial para la ecología y los servicios ambientales, proporcionando oxígeno, filtrando agua de lluvia para recargar acuíferos, produciendo

materia orgánica que fertiliza suelos y ofreciendo recursos valiosos como madera y materias primas para fabricar medicamentos, resinas y varios productos, lo que lo hace crucial tanto ecológica como socioeconómicamente (CNANP, 2017). Cuando este tipo de bosques se valoran adecuadamente y se manejan de manera sostenible, pueden desempeñar un papel importante en la adaptación y mitigación del cambio climático, además de reducir la erosión, la desertificación, y fomentar el desarrollo económico (Siyum, 2020).

## **2.2 Plantas medicinales en Ecuador**

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2023), la medicina natural comprende hierbas y preparaciones obtenidas a partir de los principios activos de las plantas. Desde tiempos antiguos, comunidades de todo el mundo han empleado esta forma de medicina natural para mitigar y sanar diversas enfermedades, siendo en la mayoría de los casos una práctica accesible, segura y eficaz (Gallegos, 2016).

Las plantas medicinales y aromáticas son esenciales para la salud humana globalmente, particularmente en países en desarrollo, donde muchas comunidades mestizas confían en la medicina tradicional como su principal medio de cuidado de la salud (Vera & Sánchez, 2015).

La privilegiada ubicación geográfica de Ecuador, junto con sus características terrestres y climáticas, lo consolidan como uno de los 20 países más megadiversos del planeta y, compuesto por cuatro regiones naturales, cada una exhibe una significativa diversidad de especies vegetales (Bermúdez et al., 2022).

Según un estudio realizado en la región andina del país, específicamente en la provincia de Bolívar, existen varias plantas medicinales como la achicuria (*Hypochaeris sessiliflora* Kunth), borraja (*Borago officinalis* L), chulku (*Oxalis lotoides* Kunth), llantén (*Plantago australis* Lam), ortiga blanca (*Urtica dioica* L) y el paico (*Chenopodium ambrosioides* L), las cuales son utilizadas para tratar una amplia gama de enfermedades y afecciones, tales como, aliviar la inflamación de los riñones, aliviar fiebre, resfrío, tos, herpes bucal, inflamaciones en la piel y hemorragias (Ríos et al., 2020)

En relación con la región costera del país, un estudio realizado a diferentes localidades de la provincia de Manabí demostró la presencia de 144 especies vegetales con al menos un uso medicinal, entre las cuales destacan, la hierbabuena (*Mentha spicata*), hierba luisa (*Cymbopogon citratus*), guayaba (*Psidium guajava*), orégano (*Plectranthus amboinicus*), manzanilla (*Matricaria chamomilla*), sábila (*Aloe vera*) y la moringa (*Moringa oleífera*), comúnmente utilizadas para tratar enfermedades del sistema digestivo, infecciosas y parasitarias (Jiménez et al., 2021).

Las propiedades terapéuticas y curativas de las plantas medicinales provienen de la presencia de los metabolitos secundarios biológicamente activos como alcaloides, flavonoides, compuestos fenólicos, esteroides y saponinas, presentes en sus raíces, hojas, tallos, flores y corteza (Tiwari et al., 2023). El campo de investigación y descubrimiento de fármacos basados en plantas medicinales es extremadamente prometedor y todavía ampliamente inexplorado, donde una investigación metódica podría proporcionar pistas esenciales para abordar una variedad de objetivos farmacológicos (Sen & Kumar, 2014).

### 2.3 Descripción botánica de la especie *Ixora coccinea*

*Ixora coccinea*, conocida comúnmente como ixora, geranio de la jungla, llama de los bosques, llama de la jungla y cruz de Malta, es una planta con una rica diversidad de nombres que reflejan su amplia distribución y uso (Baliga & Kurian, 2012). Su taxonomía, detallada en la Tabla 1, fue actualizada por el Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (IBUNAM) en 2019.

Tabla 1. División taxonómica de *I. coccinea*.

Nombre científico	<i>Ixora coccinea</i>
<b>Reino</b>	Plantae
<b>Filo</b>	Tracheophyta
<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Orden</b>	Gentianales
<b>Familia</b>	Rubiaceae
<b>Genero</b>	<i>Ixora</i>
<b>Especie</b>	<i>Ixora coccinea</i>

Fuente: (IBUNAM, 2019).

Esta especie se adapta bien a suelos bien drenados y puede crecer tanto bajo exposición directa a la luz solar como en sombra parcial, lo que la hace una planta versátil para climas cálidos y húmedos (Sivakumar et al., 2020).

Los cultivares de esta planta varían en tamaño, como se puede observar en la Figura 2, sus hojas son coriáceas de 2 a 15 centímetros de largo, pueden ser sésiles, subsésiles, oblongas u obtusas, además se observa como la inflorescencia se presenta en racimos que se forman en los extremos de las ramas y cada agrupación puede contener hasta 60 flores de tamaño pequeño (Dontha et al., 2014).



*Figura 2. Arbusto de Ixora coccinea.*  
Fuente: (Jaka Suryanta, 2022)

*I. coccinea* presenta una amplia gama de colores, como se muestra en la Figura 3, se exhibe desde el rojo intenso hasta el naranja, amarillo y en ocasiones el rosa, resaltando por su brillantez y su capacidad para embellecer los entornos en los que se encuentra, lo cual evidencia no solo su valor estético sino también su adaptabilidad y resiliencia (Hernández et al., 2018).



*Figura 3. Diversidad de colores que presenta Ixora coccinea.*  
Fuente: (Puccio & Franke, 2022)

Los tallos de la planta, de un tono grisáceo y con un grosor aproximado de 3 cm, sostienen los frutos que, como se observa en la Figura 4, comienzan como bayas carnosas y esféricas de color verde en su etapa inmadura y cambian a un matiz de rojo sangre o negro púrpura al madurar, albergando en su interior dos semillas de tamaño considerable en comparación con las dimensiones del fruto (Baliga et al., 2012).



*Figura 4. Fruto de Ixora coccinea.*  
Fuente: (Chabert, 2017)

A nivel mundial, la *I. coccinea* es valorada principalmente como una planta ornamental debido a sus vistosas flores y su capacidad para adaptarse a una variedad de condiciones climáticas (Hernández, 2018). La preocupación principal se centra en el potencial invasivo de la planta en ciertos entornos (Andrade et al., 2021). Esta dinámica podría impactar adversamente la biodiversidad al disminuir las fuentes de alimento y recursos disponibles para la fauna nativa como el suelo y el agua, lo que subraya la necesidad de monitorear y gestionar su expansión para preservar el equilibrio ecológico (Orozco & Mendoza, 2003).



*I. coccinea* se cultiva en viveros para su posterior venta como planta ornamental, contribuyendo así a la industria de la jardinería y la horticultura, es comúnmente plantada en parques, jardines públicos y residenciales para embellecer los espacios exteriores (Gayosso, 2015).

En algunas comunidades, se atribuyen propiedades medicinales al género *Ixora*, utilizando hojas y flores para tratar diversas afecciones como fiebre, inflamaciones y problemas digestivos, la investigación fitoquímica ha revelado la presencia de flavonoides lo que podría respaldar en cierta medida estos usos tradicionales (Kharat, 2009).

#### **2.4 Extractos vegetales**

Son productos derivados de plantas que se destacan por contener metabolitos secundarios que forman parte de las tácticas de defensa de las plantas, pueden clasificarse en compuestos nitrogenados, fenólicos y terpenoides (Celis et al., 2018). Se pueden utilizar varias partes de las plantas, como hojas, tallos, flores, frutos, semillas y cáscaras, para obtener extractos vegetales (Carrillo et al., 2020).

Después de la recolección se secan en una estufa a 35 - 40°C aproximadamente, se muelen y se tamizan, se preparan suspensiones con 10 g de cada planta molida y 100 ml de agua destilada, variando la concentración según la planta, con el fin de extraer compuestos solubles en agua (Jozivan et al., 2008).

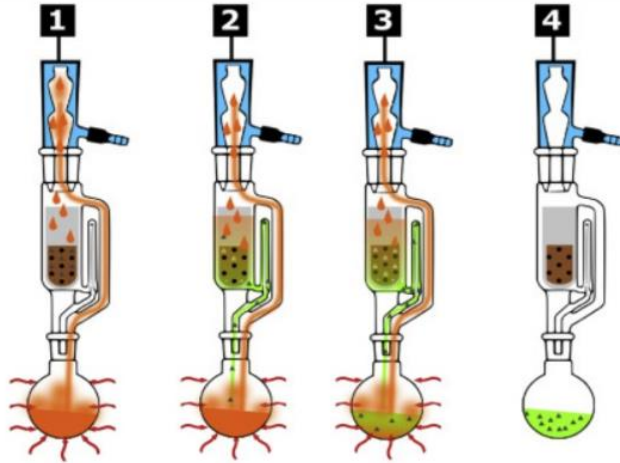
## **2.5 Métodos de extracción**

Existen diversos métodos de extracción para obtener compuestos bioactivos y se clasifican en enfoques convencionales, como extracción Soxhlet, maceración, lixiviación, percolación, destilación por arrastre de vapor y no convencionales como ultrasonido y liofilización (Plaskova & Mlcek, 2023).

### **2.5.1 Extracción Soxhlet**

La extracción Soxhlet se destaca como una técnica fundamental en la ciencia y la industria para la extracción eficiente de compuestos específicos de materiales sólidos, basado en los principios de reflujo y sifón, esta técnica ha demostrado ser esencial para la extracción eficaz de compuestos de materiales sólidos en campos como la farmacéutica, alimentación, y agricultura (Zygler et al., 2012).

Las innovaciones en la extracción Soxhlet, como la asistencia por alta presión, ultrasonidos o microondas, han superado limitaciones del método tradicional, reduciendo tiempos de extracción y aumentando la eficiencia, convirtiendo a Soxhlet en una técnica avanzada para la extracción eficiente de compuestos de interés (Luque & Priego, 2010). La extracción Soxhlet, como se observa en la Figura 5, utiliza un aparato que permite la circulación continua de un líquido a través de la muestra sólida, el proceso comienza con la vaporización del solvente, que luego se condensa y gotea sobre la muestra sólida contenida en un cartucho de extracción, disolviendo los compuestos solubles (Malik et al., 2022).



*Figura 5.* Ilustración esquemática de la técnica Soxhlet

Fuente: (Wegglar et al., 2020).

Esta solución se drena de vuelta al frasco de reflujó una vez que alcanza el nivel del sifón, permitiendo que solo el solvente limpio entre en contacto con la muestra, lo que mejora la eficiencia de la extracción y minimiza el consumo de medio disolvente (Abbas et al., 2021).

Esta técnica se destaca por su eficiencia en la extracción de compuestos específicos, ahorro de solvente debido a su recirculación, y la capacidad de procesar muestras continuamente, haciéndola ideal para extraer principios activos en diferentes tipos de investigaciones (Shi et al., 2022).

### **2.5.2 Otros métodos de extracción**

La extracción por maceración es un procedimiento que implica el contacto prolongado de la droga con un líquido solvente, durante este proceso la droga y el líquido se combinan para formar una mezcla homogénea (Benítez et al., 2019). El líquido actúa sobre todos los componentes disolviendo gradualmente los principios activos hasta alcanzar una concentración en equilibrio con el contenido celular (Subramanian & Anandharamakrishnan, 2023).

La lixiviación es otro proceso extracción, en el que un líquido penetra en los poros de un sólido, disuelve sus componentes a extraer, y la sustancia resultante se desplaza hacia la superficie del sólido para incorporarse al líquido, logrando así la separación de los componentes originales del sólido (Faraji., et al 2020). Implica la disolución selectiva de sustancias en sólidos compuestos, utilizando un disolvente para extraer componentes valiosos de materiales porosos (Dueñas et al, 2016). Su eficiencia depende de varios factores, incluyendo el tipo de planta, el solvente, la temperatura y el tiempo de extracción, siendo estos extractos cruciales para diversas aplicaciones y resaltando la importancia de optimizar las condiciones de extracción (Badihi et al., 2023).

También se puede realizar una extracción por percolación, en el cual el disolvente, generalmente alcohol etílico, fluye gradualmente a través del material vegetal, absorbiendo compuestos fitoquímicos, y se desplaza hacia abajo añadiendo un nuevo disolvente desde la parte superior (Bitwell et al., 2023).

Se destaca por su mayor eficiencia en comparación con la maceración, ya que consiste en un proceso continuo en el que el disolvente saturado se renueva constantemente con disolvente fresco (Zhang et al., 2018).

En otro caso, la extracción por arrastre de vapor se genera en un hervidor, el cual se introduce en un destilador junto con el material vegetal, y cuando las presiones de vapor combinadas alcanzan un nivel determinado, la mezcla hierve logrando que el vapor arrastre los componentes deseados, que luego se condensan y separan tanto el vapor como los metabolitos (Cerutti & Neumayer, 2004).

Esta técnica permite separar compuestos volátiles de los menos propensos a la volatilidad, especialmente cuando los primeros tienen un punto de ebullición muy elevado o no se mezclan bien con agua, o si existe riesgo de descomposición al intentar hervirlos (Cedeño et al., 2018).

Mientras que una extracción asistida por ultrasonido consiste en romper las células del material, liberando compuestos bioactivos, y el calor generado mejora la difusión del extracto, facilitando la liberación de contenido celular y la transferencia de masa, resultando beneficioso en aplicaciones industriales y de laboratorio (Rojas et al., 2019).

Se destaca como elección preferida cuando se buscan obtener compuestos activos de plantas, ya que ofrece versatilidad y la posibilidad de reducir o eliminar el uso de solventes orgánicos (Ramón & Gil, 2021).

## **2.6 Metabolitos secundarios**

Son compuestos orgánicos no vitales para la supervivencia de los organismos, tienen variedad de funciones en plantas, como atraer polinizadores, regular el ciclo celular y proteger contra patógenos y el entorno (Mipeshawaree et al, 2023).

Los metabolitos secundarios tienen un gran potencial en diversas áreas de investigación y aplicaciones, como el desarrollo de nuevos medicamentos, el tratamiento de enfermedades y la protección del medio ambiente (Lustre, 2022). Los principales tipos de metabolitos secundarios son: alcaloides, antraquinonas, naftoquinonas, esteroides, triterpenos, flavonoides, taninos, saponinas, cumarinas, entre otras (Reyes et al., 2010).

El proceso para obtener metabolitos secundarios de los extractos vegetales es variable; se pueden obtener extractos acuosos o polvos, o utilizar otros disolventes para obtener diferentes compuestos, según su polaridad (Hernández & Luengas, 2013).

## **2.7 Tamizaje fitoquímico**

El tamizaje fitoquímico es una técnica de investigación que busca identificar compuestos químicos naturales, llamados metabolitos secundarios, en plantas y otros organismos, que puedan tener propiedades medicinales o biológicas, mediante la extracción y evaluación de su actividad (Castillo et al., 2022). Es un proceso que abarca la recolección de plantas, la preparación de extractos y la realización de pruebas para detectar metabolitos secundarios donde los resultados se expresan cualitativamente con símbolos: "+++" para alta presencia, "++" para moderada, "+" para baja y "-" para ausencia (Loja et al., 2017).

El tamizaje fitoquímico permite analizar el potencial terapéutico de las plantas y también facilitar la identificación de nuevas moléculas con aplicaciones farmacológicas, estos ensayos contribuyen a la conservación y protección de los ecosistemas (Aronés et al., 2022). Esto lo comprueba un estudio de la Universidad de Ciencia, Tecnología Agrícola y Forestal en China, donde el tamizaje fitoquímico contribuye a comprender la composición química y las propiedades biológicas de las plantas y también a descubrir propiedades útiles, evaluar su impacto ambiental y potencial uso en la alimentación del ganado y la medicina (Jabeen et al., 2023).

Adicionalmente, se suele usar una técnica de separación simple como la cromatografía en capa fina (TLC) para analizar la cantidad y el tipo de componentes presentes en la mezcla (Srivastava et al., 2014).

## **2.8 Liofilización**

La liofilización implica congelar el agua contenida en un producto y luego eliminar el hielo mediante sublimación, debido a la ausencia de agua en estado líquido y las bajas temperaturas empleadas en este procedimiento, se evita la degradación y las reacciones microbiológicas, resultando en un producto final de excelente calidad (Nowak & Jakubczyk, 2020).

Su preferencia en micro emulsiones se debe a que causa menos deterioro en la estructura sólida y mantiene intactas las propiedades de funcionalidad biológica de los compuestos bioactivos (Fuentes et al, 2018).

La liofilización es un método avanzado en la industria alimentaria para secar productos con alto valor nutricional, por lo que evita la reducción no deseada y conserva las propiedades nutricionales, sabor, aroma y color, facilitando la rehidratación (López et al., 2018).

## 2.9 Espectrometría Infrarroja por Transformada de Fourier (FT-IR)

La espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) es una técnica que facilita la identificación simultánea de varias moléculas utilizando un sistema óptico como se observa en la Figura 6, sencillo compuesto por un interferómetro Michelson y una fuente de luz de banda ancha, que mide espectros moleculares de alta resolución (Hashimoto & Ideguchi, 2018).

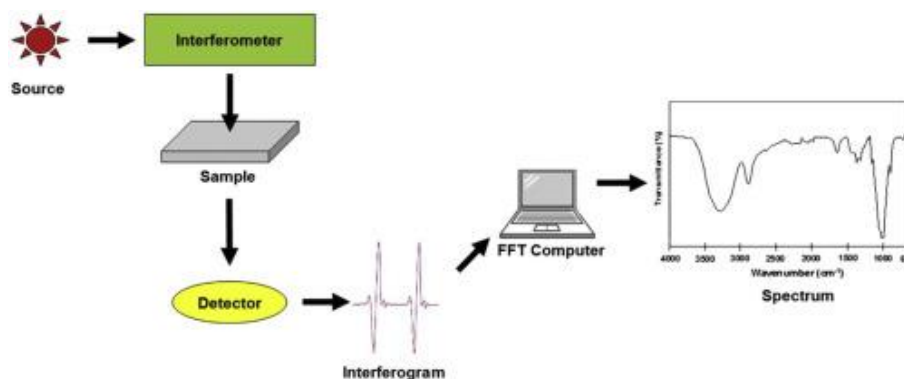


Figura 6. Esquema del procesamiento de FT-IR

Fuente: (Ojeda & Dittrich, 2012)

Los resultados obtenidos permiten observar el estado bioquímico de una muestra, además de obtener información de todas las moléculas presentes en la misma, lo que facilita la identificación, semi cuantificación y precisa localización de una o varias moléculas de interés (Barraza et al., 2013).



Los extractos vegetales son una mezcla compleja de compuestos químicos, y la FT-IR es una herramienta valiosa para su caracterización, lo que puede ser útil para determinar sus propiedades biológicas, además de cuantificar la concentración y estudiar la estructura molecular de los compuestos químicos (Sabu et al., 2017). FTIR se utiliza para identificar con precisión las características moleculares de células y tejidos, como sus conformaciones, enlaces, grupos funcionales e interacciones intermoleculares, mediante la observación de bandas o grupos específicos (Fadlelmoula et al., 2022).

### **2.10 Actividad biológica**

La capacidad antioxidante de un extracto vegetal se refiere a su habilidad para contrarrestar los radicales libres, estos son moléculas inestables que pueden provocar daño celular, aumentando el riesgo de enfermedades crónicas como cáncer, enfermedades cardíacas y diabetes (Mipeshwaree et al., 2023). Los compuestos antioxidantes presentes en ciertas plantas son clave en la protección de los daños causados por los radicales libres en el organismo, ayudan a prevenir el envejecimiento prematuro, trastornos en el sistema circulatorio, alteraciones en el sistema nervioso e incluso se han relacionado con la prevención de enfermedades degenerativas como el cáncer (Coba et al., 2010).

La actividad antioxidante total de un compuesto mezcla o alimento se puede evaluar mediante una variedad de métodos como: método DPPH (2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo), método FRAP (Capacidad de Reducción del Hierro) y método de inhibición de oxidación del linoleato (Kuskoski et al., 2006).

### 2.10.1 Evaluación de la actividad antioxidante mediante el método DPPH

El DPPH, o 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo, es un compuesto químico frecuentemente usado en laboratorios para determinar la actividad antioxidante de sustancias, destacándose por su estabilidad como radical libre que permite su existencia prolongada en esta forma, haciéndolo un elemento eficaz para tales pruebas (Guija et al., 2015). Este procedimiento como observamos en la Figura 7, evalúa la capacidad de una sustancia antioxidante para neutralizar los radicales libres en un entorno acuoso al medir su potencial para inactivar estos radicales en presencia de la sustancia antioxidante (Monreal, 2012).

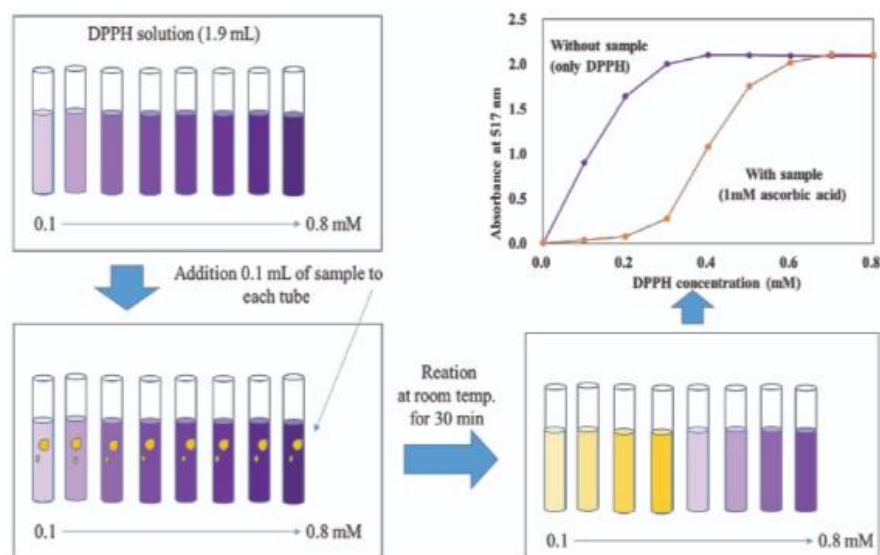


Figura 7. Procedimiento del proceso DPPH  
Fuente: (Journal of Food Bioactives, 2019).

En este método, el extracto vegetal reacciona con el radical libre (DPPH), formando un complejo de color amarillo claro, la intensidad de este color se relaciona inversa con la concentración de antioxidantes del extracto (Baliyan, 2022).

Cuando se combina una solución de DPPH con una sustancia capaz de ceder un átomo de hidrógeno, se produce una forma reducida de DPPH que pierde su color violeta característico (Kedare & Singh, 2011). Para su evaluación se utiliza el parámetro de Concentración Inhibitoria 50, también conocido como IC50, el cual mide la concentración necesaria de un antioxidante para reducir en un 50% la actividad del radical libre DPPH, facilitando la comparación entre diferentes compuestos (Buranasudja et al., 2021).

### **2.10.2 Otros métodos de actividad antioxidante**

El método de reducción de hierro es espectrofotométrico usado para evaluar la actividad antioxidante de los extractos vegetales, mide la capacidad del extracto para reducir el hierro férrico ( $\text{Fe}^{3+}$ ) a hierro ferroso ( $\text{Fe}^{2+}$ ) y es azul que mide 593 nm. (Rioja et al., 2018). Esta reacción es indicativa de los niveles de antioxidantes tanto en plantas como en frutos, y es crucial para estudiar cómo estos antioxidantes pueden contribuir a la prevención o retraso de enfermedades no transmisibles en humanos (Benítez et al., 2020).

Mientras que la inhibición de oxidación del linoleato es un proceso químico que ocurre cuando los ácidos grasos poliinsaturados, como el linoleato reaccionan con el oxígeno, dada su considerable reactividad los hidroperóxidos generados a partir del oxígeno singlete pueden tener una relevante participación en el inicio de la oxidación provocada por los radicales libres (Frankel, 2012).

### **3. Materiales y métodos**

#### **3.1 Localización y recolección del material vegetal**

En enero del 2024, durante la temporada de invierno, se recolectaron muestras de las hojas de *I. coccinea* en el campus María Auxiliadora de la Universidad Politécnica Salesiana, ubicado en el kilómetro 19.5 de Vía a la Costa, en la ciudad de Guayaquil.

Durante esta fase, se llevaron a cabo dos recolecciones para la investigación. En primer lugar, se recolectaron muestras de las hojas de *I. coccinea* para extraer compuestos hidroalcohólicos, que posteriormente serán sometidos a un análisis fitoquímico y actividad antioxidante. En segundo lugar, se recolectó una muestra con las características morfológicas de la especie, como hojas, flores y tallos, a la que se realizó un proceso de herborización para analizar detalladamente sus estructuras e identificación precisa de la especie (Sánchez, 2007).

#### **3.2 Elaboración de extractos hidroalcohólicos**

##### **3.2.1 Secado del material vegetal**

Se separó y cortó manualmente el material vegetal, luego, se realizó un proceso de lavado con agua destilada, para eliminar cualquier impureza presente en la muestra (Da Silva et al., 2018). Posteriormente, el material vegetal se sometió a secado a temperatura ambiente, durante 1 hora para eliminar la humedad superficial y después ser trasladado a una estufa de la marca Binder, donde se mantuvo a una temperatura constante de 40 grados Celsius durante 96 horas (Babu et al., 2018). Este proceso de secado controlado permitió obtener muestras totalmente deshidratadas que posteriormente se pulverizaron.

### **3.2.2 Extracto hidroalcohólico**

Para obtener la solución hidroalcohólica, se empleó el método Soxhlet utilizando un equipo compuesto por un condensador de 300 milímetros, un extractor de 250 mililitros, un matraz de balón de 250 mililitros de la marca Glassco y una placa calentadora de la marca Tekno. Para el solvente se utilizó una mezcla de etanol al 96% y agua destilada en una proporción de 90:10 (Al Jitan et al., 2018). La extracción se realizó 3 veces consecutivas, donde se colocaron 15 gramos de la muestra seca en un cartucho dentro del extractor y se llevó a cabo el proceso de 3 a 5 horas diarias, durante 2 días consecutivos y se almacenó en frascos ámbar a temperatura ambiente (De Boer, 2005).

#### **3.2.2.1 Purificación del extracto hidroalcohólico**

Previo a la realización del análisis fitoquímico, se realizó una concentración y purificación del extracto hidroalcohólico utilizando un rotavapor marca Heidolph a 40 grados Celsius, este procedimiento se realizó 3 veces con un tiempo de 30 minutos por cada 100 mililitros de extracto a 100 revoluciones por minuto y 175 milibar (Aronés et al., 2022).

### **3.3 Tamizaje fitoquímico**

La identificación de metabolitos secundarios en los extractos acuoso y alcohólico de las hojas de *I. coccinea* se llevó a cabo mediante pruebas químicas cualitativas, cada prueba se realizó para cada extracto por duplicado para garantizar la precisión de los datos. Estas pruebas se basaron en la metodología del Instituto Politécnico Nacional de México y en Facultad de Medicina y Hospital General GSL de India (García et al., 2019) (Kancherla et al., 2019).

En la Tabla 2, se presentan las pruebas realizadas para identificar metabolitos secundarios presentes en la especie vegetal.

Tabla 2. Ensayos realizados para la identificación de metabolitos secundarios

<b>Prueba</b>	<b>Metabolitos secundarios</b>
<b>Prueba de Mayer</b>	
<b>Prueba de Dragendorff</b>	
<b>Prueba de Hager</b>	Alcaloides
<b>Prueba de Wagner</b>	
<b>Prueba de Peróxido</b>	
<b>Prueba de Molish</b>	Saponinas
<b>Prueba de Baljet</b>	Lactonas sesquiterpénicas
<b>Prueba de Shinoda</b>	
<b>Prueba de Ácido Sulfúrico</b>	Flavonoides
<b>Prueba de Zinc</b>	
<b>Prueba de Hidróxido de Sodio</b>	Cumarinas
<b>Prueba de Keller-Kilani</b>	Glucósidos cardiotónicos
<b>Prueba de Benedict</b>	
<b>Prueba de Fehling</b>	Carbohidratos
<b>Prueba de goma y mucilagos</b>	
<b>Prueba de terpenoides</b>	Mucilagos
<b>Prueba de Salkowski</b>	Triterpenos

Elaborada por: (Caraguay & Chong, 2024).

### 3.3.1 Determinación de alcaloides

Para poder determinar los alcaloides presentes en cada extracto se realizó un acondicionamiento previo con 3 gotas de ácido clorhídrico o ácido sulfúrico concentrado, seguido de un calentamiento en un baño termostático por un período de 3 minutos (García et al., 2019) (Kancherla et al., 2019).

### **3.3.1.1 Prueba de Mayer**

Se mezcló 1 mililitro del extracto con 3 gotas del reactivo de Mayer, compuesto por cloruro mercúrico y yoduro de potasio en un tubo de ensayo. La aparición de un precipitado señala la existencia de alcaloides (García et al., 2019) (Kancherla et al., 2019).

### **3.3.1.2 Prueba de Dragendorff**

Se agregaron 3 gotas del extracto vegetal con 3 gotas del reactivo Dragendorff, compuesto por nitrato de bismuto y ácido acético en un tubo de ensayo. La confirmación de la presencia de alcaloides se produce cuando se forma un precipitado sólido de color naranja (García et al., 2019) (Kancherla et al., 2019).

### **3.3.1.3 Prueba de Hager**

Se añadieron 3 gotas del extracto en un tubo de ensayo con 3 gotas del reactivo Hager, compuesto principalmente por ácido pícrico. La aparición de un precipitado amorfo se interpreta como un resultado positivo (García et al., 2019) (Kancherla et al., 2019).

### **3.3.1.4 Prueba de Wagner**

Se agregaron 3 gotas de extracto con 3 gotas del reactivo Wagner, compuesto por yodo y yoduro de potasio, en un tubo de ensayo. La formación de un precipitado floculento de color marrón indica un resultado positivo (García et al., 2019) (Kancherla et al., 2019).

### **3.3.2.1 Prueba de peróxido**

Se añadieron 3 gotas del extracto y 2 gotas de peróxido de hidrógeno en un tubo de ensayo, esta combinación se agitó de manera constante mientras se calentaba a 40 grados Celsius. La presencia y concentración de saponinas se determina en función de la formación de espuma (García et al., 2019) (Kancherla et al., 2019).

### **3.3.2.2 Prueba de Molish**

Se vertieron 5 mililitros del extracto en un tubo de ensayo de 10 mililitros y se añadieron 2 gotas de alfa naftol al 1% en etanol. Luego, se adicionó 1.5 mililitros de ácido sulfúrico por las paredes del tubo, evitando agitar las soluciones. La presencia de saponinas se identifica mediante la aparición de un anillo de color violeta en la interfaz (García et al., 2019) (Kancherla et al., 2019).

## **3.3.3 Determinación de lactonas sesquiterpénicas**

### **3.3.3.1 Prueba de Baljet**

Se añadieron 5 mililitros del extracto junto con 4 gotas del reactivo de Baljet, compuesto por ácido pícrico, agua destilada e hidróxido de sodio, en un tubo de ensayo. La detección positiva de lactonas sesquiterpénicas se determina por un cambio de color de naranja a rojo (García et al., 2019) (Kancherla et al., 2019).



### **3.3.4 Determinación flavonoides**

#### **3.3.4.1 Prueba de Shinoda**

Este procedimiento se realizó dentro de una campana de extracción donde se colocaron en un tubo de ensayo 3 gotas del extracto junto con 2 centímetros de cinta de magnesio, seguido de 4 gotas de ácido clorhídrico concentrado. La detección positiva se interpreta según la coloración resultante donde una coloración naranja indica un resultado positivo para flavonas, una coloración roja indica presencia de flavonoides, una coloración roja azulada sugiere la presencia de flavonoles, un tono verde señala un resultado positivo para flavononas, una coloración verde azulada indica presencia de flavononoles y una coloración violeta señala la presencia de xantanos (Boeris, 2007) (Kancherla et al., 2019).

#### **3.3.4.2 Prueba de ácido sulfúrico**

Se añadieron 3 gotas del extracto y 3 gotas de ácido sulfúrico en un tubo de ensayo. La aparición de una coloración amarilla indica un resultado positivo para flavonoides, un tono rojo anaranjado sugiere la presencia de flavonas, una coloración purpura señala un resultado positivo para chalconas, y un matiz color vino confirma la presencia de quinonas (García et al., 2019) (Kancherla et al., 2019).

#### **3.3.4.3 Prueba de zinc**

Se añadieron 3 gotas del extracto en un tubo de ensayo junto con 0.5 gramos de zinc en forma de polvo, y finalmente 4 gotas de ácido clorhídrico concentrado. La aparición de una coloración café amarillenta indica presencia de catequinas mientras que una coloración roja indica un resultado positivo para leucoantocianidinas (García et al., 2019) (Kancherla et al., 2019).

### **3.3.5 Determinación de cumarinas**

#### **3.3.5.1 Prueba de hidróxido de sodio**

Se procedió a mezclar 2 mililitros del extracto en un tubo de ensayo con 3 mililitros de hidróxido de sodio al 10% en agua. La presencia de cumarinas se determina por la aparición de un color amarillo en la solución (García et al., 2019) (Kancherla et al., 2019).

### **3.3.6 Determinación de glucósidos cardiotónicos**

#### **3.3.6.1 Prueba de Keller-Kilani**

Se colocaron 3 gotas del extracto, 1 mililitro de ácido acético glacial, 2 gotas de cloruro de hierro y 2 mililitros de ácido sulfúrico concentrado en un tubo de ensayo. La presencia de glucósidos cardiotónicos se determina por la aparición de un anillo marrón en la interfaz, así como por un anillo violeta ubicado debajo del anillo marrón o en la fase del ácido acético y la formación gradual de un anillo verdoso (García et al., 2019) (Kancherla et al., 2019).

### **3.3.7 Determinación de carbohidratos**

#### **3.3.7.1 Prueba de Benedict**

Se agregaron 2 mililitros del extracto en un tubo de ensayo con 0.5 mililitros del reactivo de Benedict compuesto por sulfato de cobre, citrato de sodio y carbonato de sodio, posteriormente se calentó esta mezcla por 2 minutos en un baño de agua a ebullición. La identificación positiva de carbohidratos se determina por un cambio de color a rojo ladrillo en la solución (García et al., 2019) (Kancherla et al., 2019).

### **3.3.7.2 Prueba de Fehling**

Se disolvió 3 gotas del extracto en 1 mililitro de agua destilada para después agregarlo a un tubo de ensayo junto con 2 mililitros del reactivo de Fehling, compuesto por sulfato de cobre y ácido tartárico. Luego, esta mezcla se calentó en un baño maría por un período de 5-10 minutos. Se considera que el ensayo es positivo cuando la solución cambió a un color rojo o se forma un precipitado rojo (García et al., 2019) (Kancherla et al., 2019).

### **3.3.8 Determinación de proteínas**

#### **3.3.8.2 Prueba de terpenoides**

Se procedió a combinar 1 mililitro de extracto con 1.5 mililitros de ácido sulfúrico concentrado, junto con 1 mililitro de cloroformo. La presencia de terpenoides se manifestó a través de un color rojizo-marrón en la mezcla (García et al., 2019) (Kancherla et al., 2019).

### **3.3.9 Determinación de triterpenos**

#### **3.3.9.1 Prueba de Salkowski**

Se disolvió 500 miligramos del extracto en 10 mililitros de cloroformo, seguido de la adición de 3 gotas de ácido sulfúrico concentrado, las soluciones se agitaron y se dejaron en reposo. La presencia de triterpenos se confirma por el cambio de la solución a un tono amarillo (García et al., 2019) (Kancherla et al., 2019).

### **3.4 Liofilización**

Se empleó una liofilizadora marca Christ Alpha 1-4 LSC, ajustando las condiciones a una temperatura de congelación en el condensador de -50 grados Celsius y una presión de vacío de 0,04 milibar. El proceso incluyó un secado principal durante 4 horas y un secado final de 3 horas, tras lo cual los extractos se ultracongelaron a una temperatura de -80 grados Celsius (Cheaib et al., 2018).

### **3.5 FT-IR**

El análisis FT-IR realizado a los extractos liofilizados se llevó a cabo mediante un instrumento Nicolet iS10, trabajando en un espectro de 400 a 4000  $\text{cm}^{-1}$ . Este análisis se realizó con una corrección ATR de Thermo Scientific y se empleó un accesorio ATR Smart iTx equipado con cristal de diamante (Skolik., et al 2018).

### **3.6 Actividad biológica**

#### **3.6.1 Evaluación de la actividad antioxidante mediante el método del radical DPPH**

Para realizar el ensayo de actividad antioxidante se aplicó la técnica del radical libre DPPH, iniciando con la preparación de la solución principal compuesta por 5 miligramos de DPPH aforados en 100 mililitros de etanol al 96%. En paralelo, como solución estándar, se preparó 5 miligramos de ácido ascórbico aforados en 50 mililitros de etanol al 96% (Castañeda., et al 2015).

Ambas soluciones se agitaron manualmente durante 5 minutos, se almacenaron en frascos ámbar y se colocaron en un refrigerador a 4 grados Celsius hasta el momento del ensayo (Kedare & Singh, 2011).

Para preparar la solución muestra, inicialmente se disolvieron 5 miligramos del extracto hidroalcohólico en 50 mililitros de etanol al 96%, utilizando un matraz aforado. Para una homogeneización completa, la solución se sometió a agitación en un baño ultrasónico de la marca iSonic P4860 durante 30 minutos (Das et al., 2014). Finalmente, para eliminar impurezas o residuos presentes en la solución, se filtró el extracto utilizando filtros de jeringa de 0,45 micrómetros de la marca CHMLAB Group (Ding & Scheer, 2004).

### 3.6.2 Preparación de soluciones

En la tabla 3 se resume las especificaciones de la preparación de las soluciones.

Tabla 3. Preparación de las soluciones para analizar actividad antioxidante

<b>Frascos</b>	<b>Cantidad de DPPH (mililitros)</b>	<b>Cantidad de etanol al 96 % (microlitros)</b>	<b>Cantidad de muestra (microlitros)</b>
Blanco	2,9	100	0
1	2,9	95	5
2	2,9	90	10
3	2,9	80	20
4	2,9	50	50
5	2,9	20	80
6	2,9	0	100

Elaborado por: (Caraguay & Chong, 2024).

Tras su preparación, los frascos se agitaron a 300 rpm durante 3-5 minutos a temperatura ambiente y se dejaron reposar durante 30 minutos antes de su lectura (Toro et al, 2011).

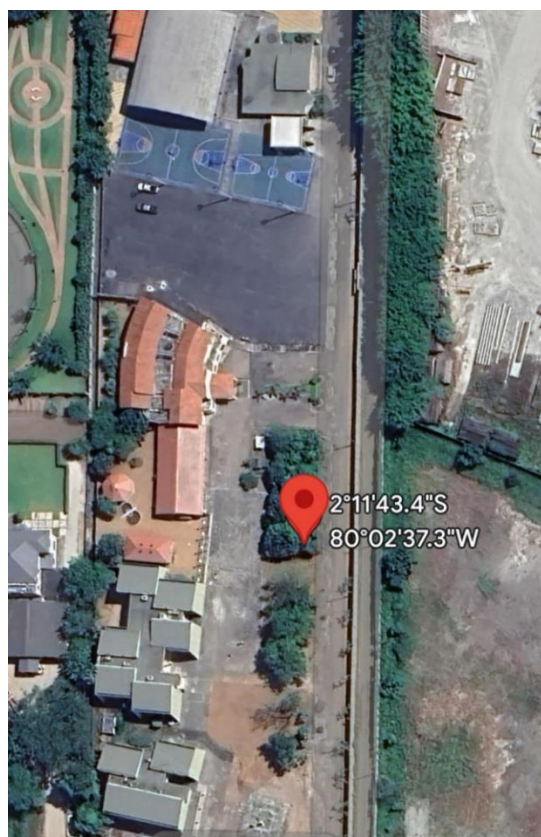
### **3.6.3 Evaluación de la actividad antioxidante**

Las soluciones se analizaron con un espectrofotómetro UV-VIS de la marca HACH, midiendo a una longitud de onda de 517 nanómetros (Andzi & Feuya, 2016). El etanol al 96% de pureza se utilizó como referencia para calibrar el instrumento antes de las mediciones. La absorbancia se midió usando celdas de plástico, siguiendo el mismo orden que se estableció para la preparación de las muestras.

## 4. Resultados y discusión

### 4.1 Localización y recolección del material vegetal

La especie vegetal se localizó y recolectó en el Campus María Auxiliadora de la Universidad Politécnica Salesiana, como se muestra en la Figura 8 en las coordenadas geográficas: 2°11'43.4"S 80°02'37.3"W (Latitud: -2.1953988, Longitud: -80.0436874).



*Figura 8.* Localización de recolección de hojas de *I. coccinea*  
Fuente: (Google Maps, 2024).


Como se muestra en la Figura 9, se seleccionaron hojas sanas y maduras, de la parte media y alta de la planta, evitando aquellas afectadas por plagas, o daños físicos. Las muestras se colocaron en bolsas de plástico selladas y se trasladaron al Laboratorio de Instrumental de la Universidad Politécnica Salesiana el día de su recolección para evitar su degradación.



Figura 9. Recolección de la especie *I. coccinea*  
Elaborado por: (Caraguay & Chong, 2024)

En la Tabla 4, se presentan las características morfológicas de las hojas de *I. coccinea* que fueron recolectadas.

Tabla 4. Descripción de las características morfológicas de las hojas *I. coccinea*

Características morfológicas de las hojas de <i>I. coccinea</i>						
Imagen	Forma	Tamaño	Color	Olor	Textura	Consistencia
	Simple y lanceolada	<b>Largo:</b> 4 centímetros <b>Ancho:</b> 2 centímetros	Verde oscuro	Sin olor particular	Lisa	Coriáceas y rígidas

Elaborado por: (Caraguay & Chong, 2024).



## 4.2 Elaboración de extracto hidroalcohólico

### 4.2.1 Lavado y secado del material vegetal

Como se muestra en la Figura 10, se realizó un proceso de lavado con agua destilada. Después, las muestras se secaron a temperatura ambiente antes de colocarse en una estufa para su secado final.



*Figura 10.* Lavado y secado de muestra vegetal.  
Fuente: (Caraguay & Chong, 2024)

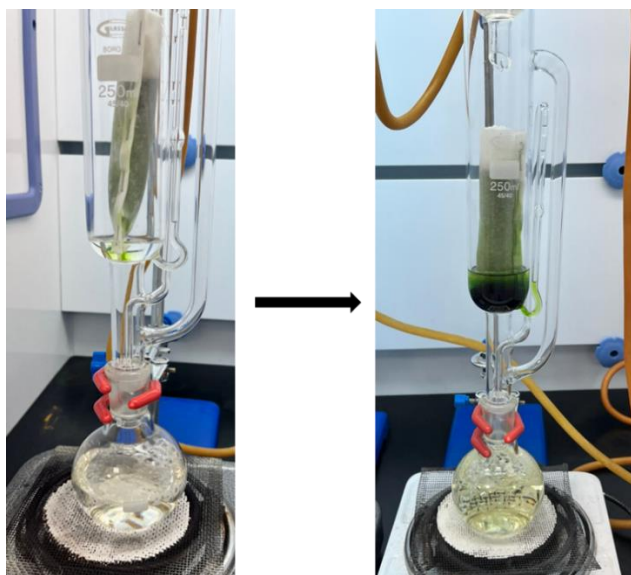
En la Figura 11, se observa el material pulverizado con un peso total de 130 gramos.



*Figura 11.* Pulverizado de hojas de *I. coccinea*  
Fuente: (Caraguay & Chong, 2024)

#### 4.2.2 Extracto hidroalcohólico

Se obtuvo el extracto hidroalcohólico, como se observa en la Figura 12, con un volumen final de 750 mililitros presentando una tonalidad verde oscura y un pH de 5,40.

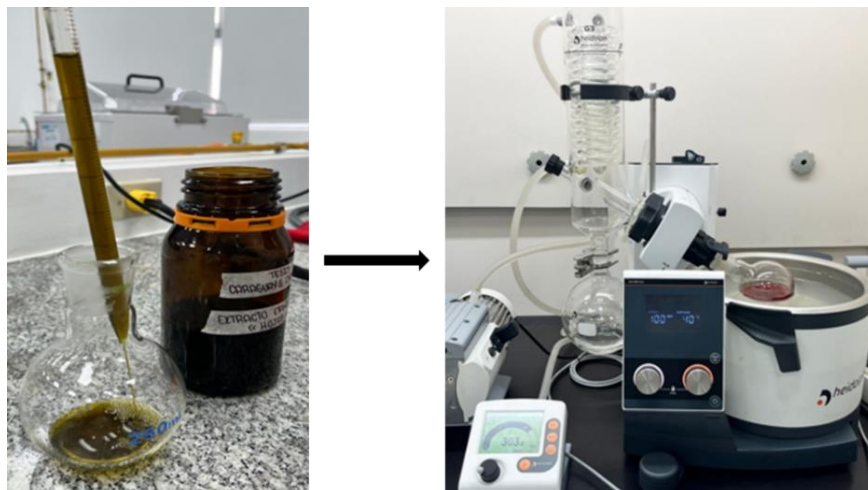


*Figura 12.* Elaboración de extracto hidroalcohólico  
Fuente: (Caraguay & Chong, 2024).

La coloración verde del extracto hidroalcohólico se debe a pigmentos como la clorofila y los carotenoides, esta tonalidad se intensifica al exponerse al aire o luz por la oxidación de estos pigmentos, lo que puede afectar las propiedades del extracto, este fenómeno subraya la importancia de manejar y almacenar adecuadamente el extracto para mantener su calidad (Asuero & Tena, 2022).

#### 4.3 Purificación del extracto hidroalcohólico

Como se muestra en la Figura 13, se añadieron 300 mililitros de extracto obteniendo 30 mililitros de extracto puro.



*Figura 13.* Purificación de extracto hidroalcohólico  
Fuente: (Caraguay & Chong, 2024)

Una investigación en Marruecos utilizó la metodología de purificación mediante etanol a una temperatura de 40°C en el rotavapor para la purificación de extractos vegetales (Tourabi., et al 2023).

Nuestro estudio adopta el uso de etanol a 40°C, con el objetivo de optimizar la extracción y purificación de los componentes del extracto vegetal, esta similitud podría atribuirse a la influencia de la temperatura, ya que muchos compuestos presentes en los extractos vegetales, como flavonoides y terpenos pueden ser sensibles al calor y degradarse o perder su actividad biológica si se exponen a temperaturas altas.

#### **4.4 Determinación de metabolitos secundarios**

En la Tabla 5 se puede visualizar la presencia de metabolitos secundarios en el extracto hidroalcohólico concentrado de *I. coccinea* mediante tamizaje fitoquímico.

Tabla 5. Tamizaje fitoquímico del extracto hidroalcohólico de hojas de *I. Coccinea*

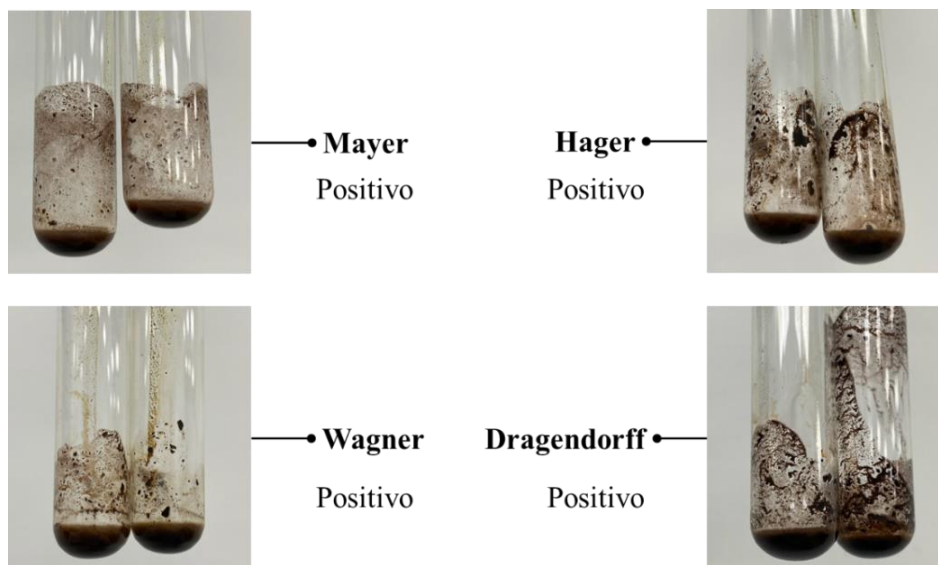
<b>Metabolitos secundarios</b>	<b>Ensayo</b>	<b>Resultados</b>
<b>Alcaloides</b>	Mayer	+++
	Dragendorff	+++
	Hager	+++
	Wagner	+++
<b>Flavonoides</b>	Shinoda	+
	Zinc	+++
<b>Cumarinas</b>	NaOH	++
<b>Glucósidos cardiotónicos</b>	Keller-Kilani	-
<b>Carbohidratos</b>	Benedict	+++
	Fehling	+
<b>Terpenoides</b>	Terpenoides	+++
<b>Triterpenos</b>	Salkowski	++
<b>Saponinas</b>	Peróxido	-
	Molish	-
<b>Lactonas Sesquiterpénicas</b>	Baljet	+++

**Nota:** - Ausencia; + Presencia; ++ Moderado; +++ Abundante (Loja et al., 2017)

**Elaborado por:** (Caraguay & Chong, 2024).

#### 4.4.1 Alcaloides

Los análisis de alcaloides mostraron resultados positivos de manera consistente al presenciarse un precipitado oscuro y amorfo en las cuatro pruebas realizadas, como se observa en la Figura 14, lo que sugiere un contenido significativo y uniforme de estos compuestos en el extracto.



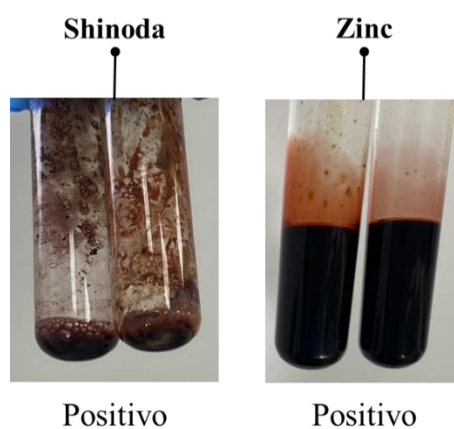
*Figura 14.* Resultados de las pruebas fitoquímicas para alcaloides  
Fuente: (Caraguay & Chong, 2024).

Un estudio realizado en la Universidad de Nigeria llevó a cabo análisis fitoquímicos en varias partes de la planta *I. coccinea* para detectar la presencia de diferentes compuestos, se afirmó la presencia de alcaloides en las hojas, lo cual concuerda con los resultados obtenidos en nuestro análisis (Onyemata., et al 2022).

Los alcaloides, son metabolitos secundarios comunes en la mayoría de las plantas, estos desempeñan un papel crucial como mecanismo de protección contra organismos invasores, lo que contribuye significativamente a su función ecológica. (Jing., et al 2014). Basándonos en nuestra evaluación, se revela que las hojas de esta especie contienen alcaloides que podrían actuar como neurotóxicos contra insectos y herbívoros, destacando su importancia en la defensa contra daños y plagas.

#### 4.4.2 Flavonoides

Como se muestra en la Figura 15, los resultados obtenidos confirman la presencia de flavonoides en el extracto hidroalcohólico de las hojas de *I. coccinea*, al obtener un resultado color rojo marrón para Shinoda y un color rojo oscuro para zinc.

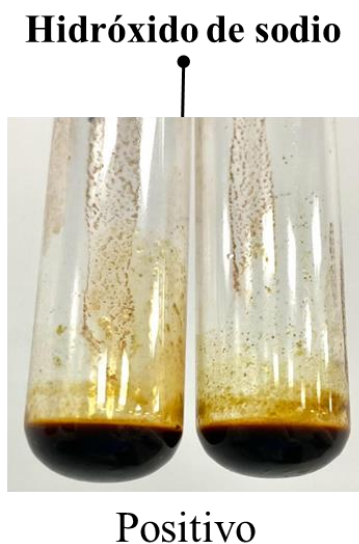


*Figura 15.* Resultados de las pruebas fitoquímicas para flavonoides  
Fuente: (Caraguay & Chong, 2024).

Los flavonoides son conocidos por sus propiedades antioxidantes, antimutagénicas y antirradicales, lo que contribuye a inhibir la peroxidación lipídica y la actividad de diversas enzimas (Jaiswal et al., 2014). Una característica singular que poseen los flavonoides es de absorber la radiación ultravioleta (UV), ofreciendo protección a las células de las plantas contra los efectos nocivos de la luz UV (Del Valle et al., 2020). Un estudio fitoquímico llevado a cabo por la Universidad de Gramma en Cuba ha logrado identificar la presencia de flavonoides entre los compuestos de *I. coccinea* (Vega et al., 2009). Dado que tanto, Cuba como Ecuador se encuentran en zonas sujetas a condiciones ambientales extremas, el hallazgo de flavonoides en esta especie, según nuestros análisis, se justifica por su habilidad para resistir altas temperaturas. Esto sugiere que *I. coccinea* podría proteger sus propias células vegetales, absorbiendo la radiación ultravioleta a la que comúnmente está expuesta la planta.

#### 4.4.3 Cumarinas

Como se muestra en la Figura 16, el estudio con hidróxido de sodio indicó positivo en la detección de cumarinas al obtener un resultado amarillo con un precipitado marrón.



*Figura 16.* Resultados de las pruebas fitoquímicas para cumarinas.  
Fuente: (Caraguay & Chong, 2024).

Estos compuestos tienen la capacidad de afectar diversos procesos celulares en microorganismos, tales como interrumpir la síntesis de ácidos nucleicos y proteínas, alterar la permeabilidad de las membranas y bloquear sistemas enzimáticos esenciales (Martin et al., 2023). Esta efectividad se evidencia en un estudio realizado por la Universidad Sains en Malasia, donde se observaron los efectos antimicrobianos de *I. coccinea* contra patógenos como *S. aureus* y *S. flexneri* (Mani et al. 2014). Esto sugiere que las hojas de *I. coccinea* tienen un potencial relevante contra herbívoros y patógenos para aplicaciones antimicrobianas o antifúngicas, basándose en sus propiedades únicas.

#### 4.4.4 Glucósidos cardiotónicos

En cuanto al ensayo de Keller Kilani, como se evidencia en la Figura 17, se obtuvo un resultado negativo para glucósidos cardiotónicos al no presentar un anillo color rojo en la parte superior de la muestra. Estos compuestos son importantes en el manejo de ciertas condiciones cardíacas siendo útiles en el tratamiento de la insuficiencia cardíaca y ciertas arritmias como la fibrilación auricular (Casamitjana, 2002).



*Figura 17.* Resultados de las pruebas fitoquímicas para glucósidos cardiotónicos.  
Fuente: (Caraguay & Chong, 2024).

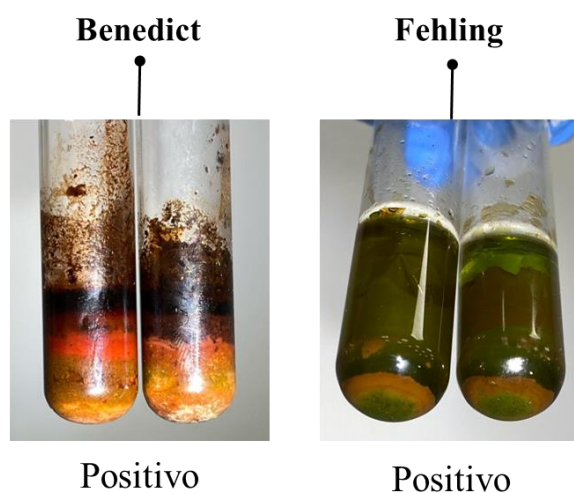
Investigaciones de la Universidad del Atlántico en Colombia, han confirmado la existencia de glucósidos cardiotónicos en *Morinda royoc*, perteneciente a la familia Rubiaceae. (Camacho et al., 2021). Estos hallazgos respaldan las investigaciones previas de la Universidad de Matanzas en Cuba, que evidenciaron la presencia de glucósidos cardiotónicos en *Hamelia patens Jacq*, especie de la familia anteriormente mencionada, la biosíntesis de estos compuestos involucra complejas rutas metabólicas, enzimas específicas y genes reguladores (Rubio et al., 2018).



Basándonos en la información recopilada, consideramos que, siendo de la misma familia botánica, *I. coccinea* no posee aquellas rutas metabólicas que sintetizan glucósidos cardiotónicos, por lo que no tendría capacidad para tratar condiciones cardíacas.

#### 4.4.5 Carbohidratos

Las pruebas de carbohidratos mostraron notable abundancia de azúcares reductores en el ensayo de Benedict por el cambio de color a naranja o ladrillo intenso, así como su presencia en la prueba de Fehling al tonar de color verde con un precipitado rojizo como podemos observar en la Figura 18.

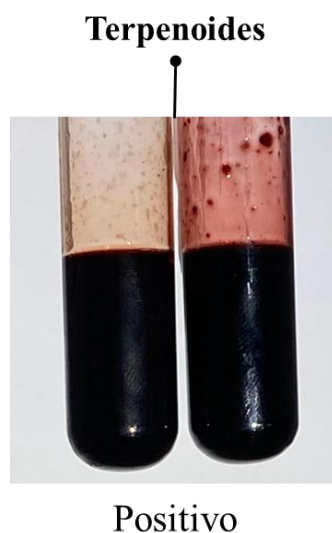


*Figura 18.* Resultados de las pruebas fitoquímicas para carbohidratos  
Fuente: (Caraguay & Chong, 2024).

En una investigación realizada en China, se descubrió que las plantas no solo recurren a los azúcares reductores como su fuente primordial de energía, sino que también los emplean como mediadores en la comunicación hormonal y en la señalización celular (Jing., et al 2014). Por esto consideramos que los azúcares desempeñan un rol crucial en el crecimiento y evolución de las plantas, razón por la cual se encuentran presentes en las hojas de *I. coccinea*.

#### 4.4.6 Terpenoides

El ensayo realizado para terpenoides, como se muestra en la Figura 19, mostró un resultado positivo por la transición a una coloración rojiza. Investigaciones recientes revelan que, desde los años 40, se han identificado 81 compuestos distintos en 6 especies pertenecientes al género *Ixora*, incluyendo fenoles, péptidos, terpenoides y esteroides, los cuales han demostrado tener diversas actividades como antitumorales, quimio protectoras y antioxidantes (Chen et al, 2016).



*Figura 19.* Resultados de las pruebas fitoquímicas para terpenoides  
Fuente: (Caraguay & Chong, 2024).

Los terpenoides son compuestos esenciales que desempeñan un papel clave en las interacciones entre las plantas, el medio ambiente y los insectos (Boncán, 2020). Investigaciones en Indonesia, revelaron terpenoides en *Cinchona ledgeriana* de la familia Rubiaceae, asociados a la defensa contra herbívoros y patógenos (Pratiwi et al., 2020). Este hallazgo sugiere que *I. coccinea* y *C. ledgeriana* al ser parte de la misma familia, podrían desarrollar mecanismos de defensa químicos, como la producción de terpenoides, que actúan como repelentes o antimicrobianos.

#### 4.4.7 Triterpenos

La Figura 20 muestra que la prueba de Salkowski por el cambio de la solución a amarilla da resultado positivo para triterpenos, que son metabolitos secundarios de gran relevancia estos compuestos tienen una amplia variedad estructural y desempeñan un papel fundamental en el ámbito de la farmacia y la medicina (Jordamović., et al 2023).

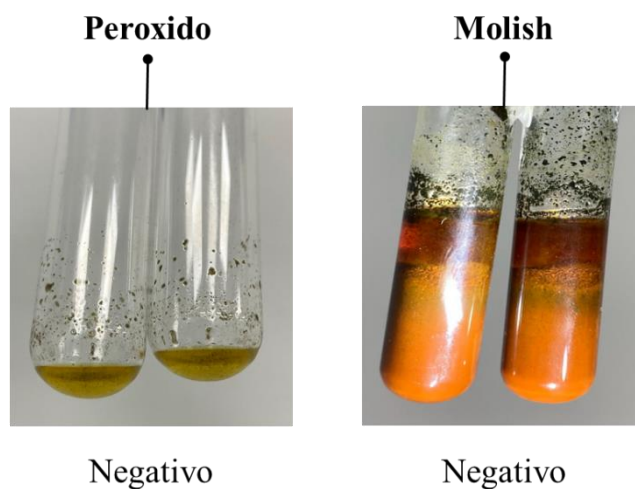


*Figura 20.* Resultados de las pruebas fitoquímicas para triterpenos.  
Fuente: (Caraguay & Chong, 2024).

Un estudio realizado en Pakistán reveló la presencia de triterpenos en diversas partes de *I.coccinea* (Ikram., et al 2015). Complementariamente, investigadores mexicanos descubrieron que los triterpenos se sintetizan en las plantas bajo condiciones específicas de radiación y humedad, a diferencia de otros componentes que se producen bajo distintas circunstancias (Ibarra et al., 2018). Esto sugiere que la presencia de triterpenos en la *I.coccinea* podría estar directamente relacionada con las condiciones climáticas prevalentes en Ecuador, las cuales favorecen la síntesis de estos importantes metabolitos.

#### 4.4.8 Saponinas

Los ensayos de peróxido y Molish resultaron negativos debido a la falta de formación de espuma y ausencia de un anillo violeta en la interfaz, respectivamente como se observa en la Figura 21. lo que indica ausencia de saponinas en el extracto de hojas de *I. coccinea*.

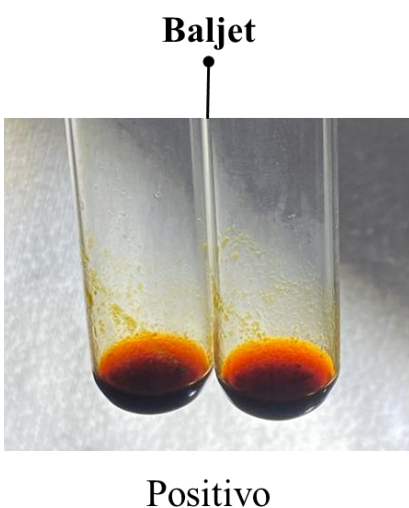


*Figura 21.* Resultados de las pruebas fitoquímicas para saponinas.  
Fuente: (Caraguay & Chong, 2024).

Un estudio centrado en la actividad biológica de *I. coccinea* reveló la ausencia de saponinas, indicando una carencia de este compuesto tanto en las hojas como en las flores (Maniyar., et al 2010). Sin embargo, un artículo en la India ha proporcionado evidencia de la presencia de saponinas en las raíces de esta especie (Joshi., et al 2013). Esto podría deberse a que las saponinas actúan como un mecanismo de defensa, especialmente presente en las raíces expuestas a patógenos y depredadores (Góngora., et al 2023).

#### 4.4.9 Lactonas Sesquiterpénicas

Mediante la prueba de Baljet, como se observa en la Figura 22, se logró detectar la existencia abundante de lactonas sesquiterpénicas por el cambio de coloración de naranja a rojo en el extracto, las cuales están asociadas a una amplia gama de actividades biológicas como antimicrobianas, antitumorales, antiinflamatorias, antioxidantes y hepatoprotectoras (Martino & Sülsen, 2019).



*Figura 22.* Resultados de las pruebas fitoquímicas para lactonas sesquiterpénicas  
Fuente: (Caraguay & Chong, 2024).

Una investigación realizada en Nigeria analizó los compuestos químicos presentes en el aceite esencial de las flores de *I.coccinea* entre los cuales destacó las lactonas sesquiterpénicas (Okhale., et al 2018). Otro estudio realizado en Reino Unido demostró que las lactonas sesquiterpénicas actúan como mecanismos de defensa aprovechando sus propiedades tóxicas o repelentes (Chadwick., et al 2013). Es posible que la presencia de estos metabolitos en *I.coccinea* estén relacionados con su estrategia para inhibir el crecimiento de plantas competidoras en su entorno para sobrevivir en condiciones adversas.

## 4.5 Espectroscopía Infrarroja por Transformada de Fourier (FT-IR)

### 4.5.1 Análisis de FT-IR del extracto hidroalcohólico

La espectroscopia FTIR permite comparar compuestos de una muestra con otros ya conocidos mediante la absorción de energía infrarroja por los enlaces químicos a frecuencias específicas, generando un espectro único por compuesto, comparando estos espectros con bases de datos, es posible identificar los compuestos de la muestra y determinar similitudes o diferencias con otros materiales registrados (Ellis et al., 2020).

La Tabla 6 presenta una lista de compuestos que guardan similitud con el extracto alcohólico de las hojas de *I. coccinea*, detallando tanto su porcentaje de afinidad como sus usos en diversos sectores industriales.

Tabla 6. Descripción de compuestos similares a *I. coccinea*

Nombre del compuesto	Similitud %	Aplicación industrial	Referencia
Canela de Saigón ( <i>Cinnamomum loureiroi</i> )	61.26	Su diversidad química la hace valiosa en la industria farmacéutica para suplementos y medicamentos, en cosmética por sus efectos antioxidantes y antimicrobianos al igual que su aroma usado en el ámbito agrícola como fungicida y repelente.	(Lee et al., 2020) (Xing et al., 2022)
Pimienta Dulce ( <i>Pimenta dioica</i> )	59.97	En la industria alimentaria se utiliza como condimento al igual que en la elaboración de bebidas, en cosmética por sus propiedades antisépticas y antiinflamatorias, como también en el sector farmacéutico en productos de medicina natural.	(Farha, 2023).

<p>Té Rojo (<i>Camellia sinensis</i>)</p>	<p>58.49</p>	<p>En el ámbito de la salud resalta por su contribución a la mejora de la digestión, el metabolismo y el fortalecimiento inmunológico. En la industria farmacéutica se explora su uso contra enfermedades cardiovasculares y el colesterol. En cosmética, se aprovechan sus antioxidantes para la piel y el cabello.</p>	<p>(Wang et al., 2022)</p>
---	--------------	--	----------------------------

Elaborado por: (Caraguay & Chong, 2024).

Las cumarinas se han estudiado por su potencial anticoagulante, anticancerígeno y antioxidante, pero destacan por su capacidad antimicrobiana, que les permite combatir microorganismos como bacterias y hongos mediante mecanismos de acción (Annunziata et al., 2020).

Un estudio realizado por la Universidad de Misisipi en Estados Unidos confirmó niveles sustanciales de cumarinas en la canela de Saigón (*Cinnamomum loureiroi*) comprobando así su uso en la industria alimentaria y en la industria agrícola por sus características antioxidantes y antimicrobianas (Wang., et al 2013). Además, un estudio realizado en China con el aceite esencial de *C. loureiroi* destacó su potencial como pesticida ecológico en comparación con los pesticidas sintéticos, debido a sus múltiples compuestos incluyendo a las cumarinas (Xing, 2022).

Mientras que un estudio realizado en Malasia comprobó los efectos antimicrobianos de *I. coccinea* contra diferentes tipos de patógenos (Mani et al. 2014). Por lo tanto, es probable que la similitud del 61.26% observada entre estas especies esté relacionada con su capacidad

antimicrobiana frente a herbívoros y patógenos, lo que resalta su potencial para aplicaciones antimicrobianas o antifúngicas, aprovechando sus propiedades distintivas.

Los alcaloides son fundamentales en la medicina moderna, se destacan como anestésicos, protectores cardíacos y agentes antiinflamatorios, también en el reino vegetal estos compuestos sirven como mecanismo de protección contra herbívoros y son cruciales en la regulación del crecimiento vegetal (Heinrich., et al 2021).

Una investigación realizada en India examinó las propiedades benéficas de la pimienta (*Pimenta dioica*), se descubrieron múltiples componentes activos, destacando especialmente los alcaloides. Históricamente, esta planta ha sido valorada tanto por su capacidad para potenciar el sabor de los alimentos como por sus efectos terapéuticos en el tratamiento de dolencias (Farha, 2023).

La similitud del 59.97% entre la pimienta dulce e *I. coccinea*, podría destacar principalmente por su alta concentración de alcaloides, esto las identifica como plantas de interés para investigaciones de tratamientos terapéuticos.

Los flavonoides son metabolitos esenciales en el ámbito farmacéutico, medicinal y cosmético, destacan por sus propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, antimutagénicas y anticancerígenas (Panche., et al 2016). Una investigación llevada a cabo en China sobre el té rojo (*Camellia sinensi*) centró su análisis en los flavonoides, destacándolos como los principales agentes activos debido a su alta capacidad antioxidante (Hai., et al 2013).



Basándose en estudios, se sugiere que la similitud de 58.49% entre el té rojo e *I. coccinea* podría radicar en su rica composición de flavonoides, los cuales son fundamentales para su actividad antioxidante, siendo útil para futuras investigaciones sobre sus aplicaciones terapéuticas.

#### 4.6 Actividad biológica

##### 4.6.1 Evaluación de la actividad antioxidante mediante el método DPPH

Se sabe tradicionalmente que *I. coccinea* se utiliza como tratamiento de diversas afecciones como fiebre, inflamaciones y problemas digestivos (Kharat, 2009). Por ello, como se muestra en la Tabla 7, se realizó una evaluación a la actividad antioxidante del extracto hidroalcohólico de las hojas de *I. coccinea*. mediante la técnica de DPPH.

Tabla 7. Resultados de la prueba antioxidante DPPH.

<i>Ixora coccinea</i> ( $\mu$ l)	Concentración ( $\mu$ g/ml)	Absorbancia a 517 nanómetros		Promedio Absorbancia	% Inhibición
		Repetición 1	Repetición 2		
Blanco	0	1.480	1.481	1.481	0
5	0.167	1.454	1.454	1.454	1.79
10	0.333	1.435	1.434	1.435	3.11
20	0.667	1.426	1.426	1.426	3.68
50	1.667	1.376	1.377	1.377	7.02
80	2.667	1.292	1.292	1.292	12.73
100	3.333	1.232	1.232	1.232	16.78
				<b>IC50</b>	<b>10.65</b>

Elaborado por: (Caraguay & Chong, 2024).

La Tabla 7 muestra que el extracto hidroalcohólico tiene un 1,79% de inhibición con 5 microlitros y un 16,78% con 100 microlitros, indicando que, a mayor concentración del extracto corresponde a una mayor inhibición de radicales libres. Esta confirmación se muestra en la Figura 23, donde la relación entre las concentraciones del extracto y el porcentaje de inhibición son directamente proporcionales.

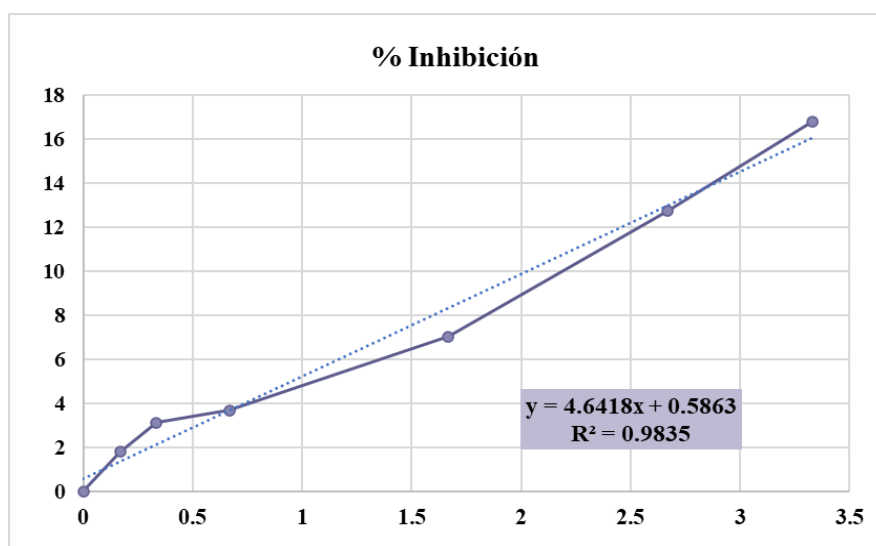


Figura 23. Inhibición del radical DPPH según su concentración.  
Fuente: (Caraguay & Chong, 2024).

En la Tabla 7, también muestra que el extracto hidroalcohólico tiene un valor de  $IC_{50}$  de 10,65 microgramos sobre mililitros, lo cual es notablemente cercano al valor del ácido ascórbico, una sustancia de referencia química pura, la cual tiene un valor de 5,38 microgramos sobre mililitros.

Este hallazgo resalta la potente actividad antioxidante de *I. coccinea*, comparándola, por ejemplo, con un estudio realizado en la Universidad Politécnica Salesiana sede Quito con la especie *Cinchona pubescens* Vahl, perteneciente a la familia Rubiaceae, la cual posee un valor de  $IC_{50}$  de 46.66 microgramos sobre mililitros (Barukcic & Sola).

De esta forma, el extracto hidroalcohólico de *I. coccinea* destaca su potencial como una fuente de compuestos antioxidantes debido a sus metabolitos secundarios presentes como flavonoides, terpenoides y triterpenoides. Estos resultados validan la inclusión del extracto hidroalcohólico de las hojas de *I. coccinea* en una amplia gama de productos, ofreciendo oportunidades para su aplicación en sectores como la medicina, agricultura, industria alimentaria y cosmética desarrollando nuevos medicamentos, tratamientos, productos de belleza, preservante de alimentos y prácticas agrícolas sostenibles con el cuidado del ambiente (Castaño & Hernández, 2018).

## 5. Conclusiones

Mediante el tamizaje fitoquímico, se determinó la presencia de una diversidad de metabolitos secundarios, incluyendo alcaloides, flavonoides, cumarinas, carbohidratos, terpenoides y lactonas sesquiterpénicas, estos compuestos se analizaron con el objetivo de explorar su potencial en aplicaciones biotecnológicas como el desarrollo de fármacos con propiedades terapéuticas y la formulación de compuestos para la industria alimenticia y cosmética.

La cuantificación de la actividad antioxidante mediante el DPPH reveló un valor de  $IC_{50}$  de 10.65 microgramos sobre mililitros indicando una capacidad antioxidante significativa. Este resultado es prometedor, ya que sugiere un potencial uso de los extractos de *I. coccinea* en la creación de productos antioxidantes, lo cual es de gran interés para la industria biotecnológica, especialmente en el ámbito de la salud y la cosmética.

El análisis FTIR demostró que los extractos de *I. coccinea* poseen similitudes estructurales con compuestos presentes en la canela de Saigón, pimienta dulce y té rojo, lo que pudo determinar la presencia de grupos funcionales específicos con el objetivo de aprovechar su potencial en la creación de soluciones innovadoras y naturales para varias industrias.

La confirmación de la presencia de metabolitos secundarios de interés y la cuantificación de la actividad antioxidante establecen una base sólida para la valorización de *I. coccinea*, promoviendo su estudio y aprovechamiento sostenible en beneficio de la sociedad y el medio ambiente.

## **6. Recomendaciones**

- Se propone una identificación cualitativa y cuantitativa de metabolitos secundarios en distintas partes de la planta, como tallos, flores y frutos, para enriquecer el perfil metabólico de la planta.
- Para potenciar la eficacia en la extracción e identificación de compuestos, se sugiere implementar una metodología con solventes de diferente polaridad.
- Se propone una investigación que combine la validación de la actividad antioxidante mediante técnicas como el ensayo de betacaroteno, ABTS, así como también la exploración de su potencial antimicrobiano, antifúngico y antitumoral.

## 7. Referencias

Abbas, M., Ahmed, D., Qamar, M. T., Ihsan, S., & Noor, Z. I. (2021). Optimization of ultrasound-assisted, microwave-assisted and Soxhlet extraction of bioactive compounds from *Lagenaria siceraria*: A comparative analysis. *Bioresource Technology Reports*, 15(100746), 100746. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2021.100746>

Aguirre, Z., Betancourt, Y., & González, H. (2013). Composición florística, estructura de los bosques secos y su gestión para el desarrollo de la provincia de Loja, Ecuador. *Avances*, 15(2), 144–155. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=637867085004>

Al Jitan, S., Alkhoori, S. A., & Yousef, L. F. (2018). Phenolic acids from plants: Extraction and application to human health. En F. R. S. Atta-ur-Rahman (Ed.), *Studies in Natural Products Chemistry* (Vol. 58, pp. 389–417). Elsevier.

Álvarez, R., Quen, P., Blanco, P., Robaldino, D., Adriana, C., & Acal, D. (2019). Actividad Antioxidante de *Ixora coccinea*. *Reibci.org*. <http://www.reibci.org/publicados/2019/jun/3500105.pdf>

Ambreen Ikram, Muhammad Ali Versiani, Amna Khatoon, Salman Khalid Ahmed, Samina Abdul Sattar & Shaheen Faizi (2015): New dammarane and ursane-type triterpenoids from the flower of *Ixora coccinea* Linn., *Natural Product Research: Formerly Natural Product Letters*, DOI: [10.1080/14786419.2015.1063056](https://doi.org/10.1080/14786419.2015.1063056)

Andrade, J. C. R., Cárdenas, J. C., & Gallo, N. O. (2021). Uso de especies nativas como plantas ornamentales en el Distrito Metropolitano de Quito. *CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica*, 10(2), 99–122. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8272885>

Andzi, T., & Feuya, G. R. (2016). Comparative study of the anti-oxidant activity of the total polyphenols extracted from Hibiscus Sabdariffa L., Glycine max L. Merr., yellow tea and red wine through reaction with DPPH free radicals. *Arabian Journal of Chemistry*, 9(1), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2014.11.048>

Annunziata, F., Pinna, C., Dallavalle, S., Tamborini, L., & Pinto, A. (2020). An overview of coumarin as a versatile and readily accessible scaffold with broad-ranging biological activities. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(13), 4618. <https://doi.org/10.3390/ijms21134618>

Aronés, M. R., Cárdenas, E., Luna, H., Barbarán, S. M., & Gómez, M. (2022). Tamizaje fitoquímico, contenido de compuestos fenólicos y potencial antioxidante de trece plantas medicinales de los afloramientos rocosos del Bosque de Piedras de Huaraca en Perú. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 88(2), 165–179. <http://dx.doi.org/10.37761/rsqp.v88i2.388>

Asuero, A., & Tena, N. (2022). Antioxidant Capacity of Anthocyanins and other Vegetal Pigments: Modern Assisted Extraction Methods and Analysis. MDPI. [https://mdpi-res.com/bookfiles/book/6117/Antioxidant\\_Capacity\\_of\\_Anthocyanins\\_and\\_other\\_Vegetal\\_Pigments\\_Modern\\_Assisted\\_Extraction\\_Methods\\_and\\_Analysis.pdf?v=1708985087](https://mdpi-res.com/bookfiles/book/6117/Antioxidant_Capacity_of_Anthocyanins_and_other_Vegetal_Pigments_Modern_Assisted_Extraction_Methods_and_Analysis.pdf?v=1708985087)

Babu, A., Kumaresan, G., Raj, A., & Velraj, R. (2018). Review of leaf drying: Mechanism and influencing parameters, drying methods, nutrient preservation, and mathematical models. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 90, 536–556. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.04.002>

Badihi, F., Haghghi Asl, A., Asadollahzadeh, M., & Torkaman, R. (2023). Applied novel functionality in separation procedure from leaching solution of zinc plant residue by using non-aqueous solvent extraction. *Scientific Reports*, 13(1), 1–14. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-27646-9>

Baliga, M. S., & Kurian, P. J. (2012). *Ixora coccinea* Linn.: Traditional uses, phytochemistry and pharmacology. *Chinese Journal of Integrative Medicine*, 18(1), 72–79. <https://doi.org/10.1007/s11655-011-0881-3>

Baliyan, S., Mukherjee, R., Priyadarshini, A., Vibhuti, A., Gupta, A., Pandey, R. P., & Chang, C.-M. (2022). Determination of antioxidants by DPPH radical scavenging activity and quantitative phytochemical analysis of *Ficus religiosa*. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 27(4), 1326. <https://doi.org/10.3390/molecules27041326>

Barraza-Garza, G., de la Rosa, L. A., Martínez-Martínez, A., Castillo-Michel, H., Cotte, M., & Alvarez-Parrilla, E. (2013). La microespectroscopía de infrarrojo con transformada de Fourier (FTIRM) en el estudio de sistemas biológicos. *Revista latinoamericana de química*, 41(3), 125–148. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0370-59432013000300001](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-59432013000300001)

Barukcic, A., & Sola, M. J. (2015). Desarrollo de formulaciones fitocosméticas antioxidantes empleando como sustancia activa el extracto seco de *Cinchina pubescens* Vahl, Rubiaceae. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/9377>

Benítez, A., Villanueva, J., González, G., Alcántar, V., Puga, R., & Quintero, A. (2020). Determinación de la capacidad antioxidante total de alimentos y plasma humano por fotoquimioluminiscencia: Correlación con ensayos fluorométricos (ORAC) y



espectrofotométricos (FRAP). *Tip revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 23. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2020.0.244>

Benítez, A., Villanueva, J., González, G., Alcántar, V., Puga, R., & Quintero, A. (2021). Determinación de la capacidad antioxidante total de alimentos y plasma humano por fotoquimioluminiscencia: Correlación con ensayos fluorométricos (ORAC) y espectrofotométricos (FRAP). *Org.mx*. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2020.0.244>

Benítez-Benítez, R., Sarria-Villa, R. A., Gallo-Corredor, J. A., Pérez Pacheco, N. O., Álvarez Sandoval, J. H., & Giraldo Aristizabal, C. I. (2020). Obtención y rendimiento del extracto etanólico de dos plantas medicinales. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 15(1), 31–40. <https://doi.org/10.18359/rfcb.3597>

Bermúdez, A., Cárdenas, Á., & Neira, J. (2022). Uso tradicional de las plantas medicinales por la población del Cantón Salcedo, Cotopaxi, Ecuador. *Zenodo*. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.6743038>

Bitwell, C., Indra, S. S., Luke, C., & Kakoma, M. K. (2023). A review of modern and conventional extraction techniques and their applications for extracting phytochemicals from plants. *Scientific African*, 19(e01585), e01585. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2023.e01585>

Bizerra, A., Queiroz, A., & Lopez, A. (2018). Actividades antioxidantes y antimicrobianas de extractos orgánicos de *Ixora coccínea* L. *Academia.edu*. <https://doi.org/I:http://dx.doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v8n4p49-53>

Boeris, M. A. (2007). Purificación del extracto hidroalcohólico de *Salpichroa organifolia*. *Ciencia veterinaria*, 9(1), 68–73. <https://cerac.unlpam.edu.ar/index.php/veterinaria/article/view/1891>

Boncan, D. A. T., Tsang, S. S. K., Li, C., Lee, I. H. T., Lam, H.-M., Chan, T.-F., & Hui, J. H. L. (2020). Terpenes and terpenoids in plants: Interactions with environment and insects. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(19), 7382. <https://doi.org/10.3390/ijms21197382>

Bosque Protector Cerro Blanco. (2021). Fauna. Bosque Seco Tropical. <https://bosquecerroblanco.org/index.php/fauna/>

Buranasudja, V., Rani, D., Malla, A., Kobtrakul, K., & Vimolmangkang, S. (2021). Insights into antioxidant activities and anti-skin-aging potential of callus extract from *Centella asiatica* (L.). *Scientific Reports*, 11(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-92958-7>

Camacho, O. I., Martínez, I. G., & Vergara, J. (2021). Estudio botánico y farmacognóstico de *Morinda royoc* L. (Piñi piñi) (Rubiaceae). *Investigación y Acción*, 1(1), 21–33. <https://investigaciones.uniatlantico.edu.co/revistas/index.php/Invefor/article/view/3068>

Carrillo, C., & Diaz, R. (2020). Actividad antimicrobiana de extractos hidroalcohólicos de hojas de dos variedades de *Mangifera indica* L. *Revista Ciencia Unemi*, 13, 69–77. <https://www.redalyc.org/journal/5826/582661898007/html/>

Carrillo, C., Díaz, R., Guerra, K., & Román, A. (2020). Actividad antimicrobiana de extractos hidroalcohólicos de hojas de dos variedades de *Mangifera indica* L. *Ciencia Unemi*, 13(32), 69–77. <https://ojs.unemi.edu.ec/index.php/cienciaunemi/article/view/949>

Carvajal Rojas, L., Hata Uribe, Y., Sierra Martínez, N., & Rueda Niño, D. (2009). Análisis fitoquímico preliminar de hojas, tallos y semillas de *Cupatá* (*Strychnos schultesiana* krukoff). *Colombia Forestal*, 12(), 161-170. <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/colfor/article/view/3040>

Casamitjana, N. (2002). Glucósidos cardiotónicos. Acción y usos. *Farmacia profesional* (Internet), 16(4), 90–94. <https://www.elsevier.es/es-revista-farmacia-profesional-3-articulo-glucosidos-cardiotonicos-accion-usos-13028926>

Castañeda, C., Ramos, L., & Ibáñez, V. (2015). Evaluación de la capacidad antioxidante de siete plantas medicinales peruanas. *Horizonte médico*, 8(1), 56–72. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=371637117004>

Castaño Amores, C., & Hernández Benavides, P. J. (2018). Activos antioxidantes en la formulación de productos cosméticos antienvjecimiento. *Ars pharmaceutica* (Internet), 59(2). <https://doi.org/10.30827/ars.v59i2.7218>

Castillo, B., Cajas, M., Montoya, S., & Garcia, F. (2022). Actividad Antioxidante, Polifenoles Totales y Tamizaje Fitoquimico de Chilangua (*Eryngium Foetidum*). Análisis del comportamiento de las líneas de crédito a través de la corporación financiera nacional y su aporte al desarrollo de las PYMES en Guayaquil 2011-2015, 6(3), 480–489. [https://doi.org/10.26820/reciamuc/6.\(3\).julio.2022.480-489](https://doi.org/10.26820/reciamuc/6.(3).julio.2022.480-489)

Cedeño, A., Moreira, C., Muñoz, J., Muñoz, A., Pillasaguay, S., Riera, M., Ciencias, R. C., & Negocios, T. Y. (2018). Comparación de métodos de destilación para la obtención de aceite esencial de eucalipto. *Revista Colón Ciencias, Tecnologías y Negocios*, 6(1). <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/215/2151021002/2151021002.pdf>

Celis, A., Mendoza, C., & Pachón, M. E. (2018). Uso de extractos vegetales en el manejo integrado de plagas, enfermedades y arvenses. *Temas agrarios*, 14(1), 5–16. <https://doi.org/10.21897/rta.v14i1.1205>

Cerutti, M., & Neumayer, F. (2004). Introducción a la obtención de aceite esencial de limón. *Invenio*, 7(12), 149-155. <https://www.redalyc.org/pdf/877/87701214.pdf>

Chabert, J. (2017). *Ixora coccinea* (flame-of-the-woods). In CABI Compendium. CABI Compendium. <https://doi.org/10.1079/cabicompendium.29175>

Chadwick, M., Trewin, H., Gawthrop, F., & Wagstaff, C. (2013). Sesquiterpenoids Lactones: Benefits to Plants and People. *International Journal of Molecular Sciences*, 14(6), 12780–12805. [doi:10.3390/ijms140612780](https://doi.org/10.3390/ijms140612780)

Cheaib, D., El Darra, N., Rajha, H., El-Ghazzawi, I., Maroun, R., & Louka, N. (2018). Effect of the extraction process on the biological activity of lyophilized apricot extracts recovered from apricot pomace. *Antioxidants* (Basel, Switzerland), 7(1), 11. <https://doi.org/10.3390/antiox7010011>

Chen, L. J., Zhang, Y., & Chen, Y. G. (2016). Chemical constituents of plants from the genus *Ixora*. *Chemistry & Biodiversity*, 13(3), 275–283. <https://doi.org/10.1002/cbdv.201500065>

Coba, P., Mayacu Tivi, L., & Vidari, G. (2010). Importancia de la actividad antioxidante y evaluación de extractos en etanol del género *Oryctanthus*. *La granja*, 11(1), 22. <https://doi.org/10.17163/lgr.n11.2010.03>

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CNANP). (2017). Gobierno de México. Importancia de los Bosques Tropicales. <https://www.gob.mx/conanp/articulos/la-importancia-que-tienen-los-bosques-tropicales>

Da Silva, A., Cordeiro, A., & Lopes, A. (2018). Atividades antioxidantes e antimicrobianas de extratos orgânicos de *Ixora coccinea* L. En *Biota Amazônia*. <https://doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v8n4p49-53>

Das, N., Islam, M. E., Jahan, N., Islam, M. S., Khan, A., Islam, M. R., & Parvin, M. S. (2014). Antioxidant activities of ethanol extracts and fractions of *Crescentia cujete* leaves and stem bark and the involvement of phenolic compounds. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 14(1). <https://doi.org/10.1186/1472-6882-14-45>

Das, N., Islam, M. E., Jahan, N., Islam, M. S., Khan, A., Islam, M. R., & Parvin, M. S. (2014). Antioxidant activities of ethanol extracts and fractions of *Crescentia cujete* leaves and stem bark and the involvement of phenolic compounds. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 14(1). <https://doi.org/10.1186/1472-6882-14-45>

De Boer, J. (2005). Polychlorinated Biphenyls. P. Worsfold, A. Townshend, & C. Poole (Eds.), *Encyclopedia of Analytical Science* (pp. 214–225). Elsevier. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B0123693977004726>

Del Valle, J. C., Buide, M. L., Whittall, J. B., Valladares, F., & Narbona, E. (2020). UV radiation increases phenolic compound protection but decreases reproduction in *Silene littorea*. *PloS One*, 15(6), e0231611. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231611>

Delgado, D., Herrera, R., Zambrano, A., Torres, G., Peñafiel, J., & Ortiz, M. J. (2017). Diagnóstico del potencial turístico para el diseño de senderos ecoturísticos. Caso Bosque Protector Cerro Blanco, Guayas, Ecuador. *Revista Interamericana de Ambiente y Turismo*, 13(1), 28–43. <https://doi.org/10.4067/s0718-235x2017000100028>

Departamento de Botánica, Instituto de Biología (IBUNAM). Universidad Nacional Autónoma de México. (Ed.). (2019). *Ixora coccinea* L., ejemplar de: Herbario Nacional de México (MEXU), Plantas Vasculares. Recuperado de <http://datosabiertos.unam.mx/IBUNAM:MEXU:408842>

Di Sacco, AliceWay, Michael León Lobos, Pedro Suárez Ballesteros, Carlos Iván Díaz, Jennifer. (2020). Manual de recolección, procesamiento y conservación de semillas de plantas silvestres. <https://doi.org/10.34885/175>

Ding, W., & Scheer, L. (2004). Syringe filter efficiency and the effect of filtration on HPLC column life. *European Biopharmaceutical Review*. [https://www.researchgate.net/publication/282482145\\_Syringe\\_filter\\_efficiency\\_and\\_the\\_effect\\_of\\_filtration\\_on\\_HPLC\\_column\\_life](https://www.researchgate.net/publication/282482145_Syringe_filter_efficiency_and_the_effect_of_filtration_on_HPLC_column_life)

Dontha, S., Kamurthy, H., & Mantripragada, B. (2015). Phytochemical and pharmacological profile of *Ixora*: A review. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research | IJPSR*; *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. <https://ijpsr.com/bft-article/phytochemical-and-pharmacological%20%20%20%20%20%20profile-of-ixora-a-review/?view=fulltext>

Dueñas, A., Alcívar, U., Sacon, E., Bravo, L., & Villanueva, G. (2016). Determinación de las condiciones de extracción de compuestos fenólicos a partir de *Chiquiraga Jussieuif Gmel* usando la lixiviación de muestras sólidas. *Tecnología Química*, 36(2). <https://www.redalyc.org/journal/4455/445546335005/html/>

Ellis, J. D., Iqbal, R., & Yoshimatsu, K. (2020). A new approach for IR spectra matching using normalized local change. *Analytica Chimica Acta*, 1103, 49–57.  
<https://doi.org/10.1016/j.aca.2019.12.055>

Fadlelmoula, A., Pinho, D., Carvalho, V. H., Catarino, S. O., & Minas, G. (2022). Fourier Transform Infrared (FTIR) spectroscopy to Analyse human blood over the last 20 years: A review towards lab-on-a-chip devices. *Micromachines*, 13(2), 187.  
<https://doi.org/10.3390/mi13020187>

Faraji, F., Alizadeh, A., Rashchi, F., & Mostoufi, N. (2020). Kinetics of leaching: a review. *Reviews in Chemical Engineering*. <https://doi.org/10.1515/revce-2019-0073>

Farha, R. (Ed.). (2023). A comprehensive review on consumption and health benefits of herbs: Allspice, ginger and tulasi (Vol. 12, Número 5). *The Pharma Journal*.  
<https://www.thepharmajournal.com/archives/year=2023&vol=12&issue=5&ArticleId=20160>

Frankel, E. N. (2012). Photooxidation of unsaturated fats. En E. N. Frankel (Ed.), *Lipid Oxidation* (pp. 51–66). El sevier  
[https://www.researchgate.net/publication/284266821\\_Photooxidation\\_of\\_unsaturated\\_fats](https://www.researchgate.net/publication/284266821_Photooxidation_of_unsaturated_fats)

Fuentes, E., Inungaray, M. L. C., Arreortúa, I. G., & Pérez, R. M. (2018). Aplicación de la liofilización en la conservación de microemulsiones usadas en alimentos funcionales y nutracéuticos: un caso de la ingeniería en alimentos. *Tlatemoani*, 9(29), 290–309.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7337190>

Galina, M. Á. (Ed.). (2018). Estrés oxidativo y antioxidantes (Vol. 22, Número 1). Avances en Investigación Agropecuaria. <https://www.redalyc.org/journal/837/83757421004/html/>

Gallegos, M. (2016). Las plantas medicinales: principal alternativa para el cuidado de la salud, en la población rural de Babahoyo, Ecuador. Anales de La Facultad de Medicina (Lima, Peru : 1990), 77(4), 327–332. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1025-55832016000400002](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-55832016000400002)

García-Granados, R. U., Cruz-Sosa, F., Alarcón-Aguilar, F. J., Nieto-Trujillo, A., & Gallegos-Martínez, M. E. (2019). Análisis fitoquímico cualitativo de los extractos acuosos de *Thalassia Testudinum Banks ex Kooning et Sims* de la localidad de Champotón, Campeche, México, durante el ciclo anual 2016-2017. *Polibotánica*, (48). <https://doi.org/10.18387/polibotanica.48.12>

Gayosso, S. (2015). Plantas de uso ornamental en Tabasco. <https://ri.ujat.mx/bitstream/200.500.12107/3993/1/Plantas%2Bde%2Buso%2Bornamental%2Ben%2BTabasco.pdf>

Góngora-Chi, G. J., Lizardi-Mendoza, J., López-Franco, Y. L., López-Mata, M. A., & Quihui-Cota, L. (2023). Métodos de extracción, funcionalidad y bioactividad de saponinas de *Yucca*: una revisión. *Biotecnia*. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v25i1.1800>

González, A. S. (2007). Técnicas de recolecta y herborización de plantas. En Contreras, Goyenechea I., Cuevas C., Iturbe (Ed.), *La Sistemática* (pp. 177–193). [https://www.researchgate.net/publication/301551995\\_Tecnicas\\_de\\_recolecta\\_y\\_herborizacion\\_de\\_plantas](https://www.researchgate.net/publication/301551995_Tecnicas_de_recolecta_y_herborizacion_de_plantas)



Gopalkrishnan, B., & Chiranjeev, R. (2018). Pharmacognostical Study of *Ixora coccinea* Flower. Phcogj.com. <https://doi.org/10.5530/pj.2018.5.176>

Guddi, K., Sur, S., & Sarkar, A. (2022). Analysis of floral biomass utilization feasibility of *Ixora coccinea* for its cost-effective application as a natural colorant. Biomass Conversion and Biorefinery. <https://doi.org/10.1007/s13399-022-03668-7>

Guija, E., Inocente, M. Á., Ponce, J., & Zarzosa, E. (2015). Evaluación de la técnica 2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo (DPPH) para determinar capacidad antioxidante. Horizonte médico, 15(1), 57–60. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1727-558X2015000100008](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-558X2015000100008)

Hai, L.V, Zhang, Y., Lin, Z., & Liang, Y. (2013). Processing and chemical constituents of Pu-erh tea: A review. Food Research International, 53(2), 608–618. [doi:10.1016/j.foodres.2013.02.04](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.02.04)

Hashimoto, K., & Ideguchi, T. (2018). Phase-controlled Fourier-transform spectroscopy. Nature Communications, 9(1), 1–7. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-06956-x>

Hasnat, G. N., & Hossain, M. K. (2020). Global Overview of Tropical Dry Forests. In I. R. Bhadouria, S. Tripathi, P. Srivastava, & P. Singh (Eds.), The Conservation and Restoration of Tropical Dry Forests (pp. 1–23). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-0014-9.ch001>

Heinrich, M., Mah, J., & Amirkia, V. (2021). Alkaloids used as medicines: Structural phytochemistry meets biodiversity—an update and forward look. Molecules (Basel, Switzerland), 26(7), 1836. <https://doi.org/10.3390/molecules26071836>

Hernández Lauzardo, A. N., Bautista Baños, S., & Velázquez del Valle, M. G. (2007). Prospectiva de extractos vegetales para controlar enfermedades postcosecha hortofrutícolas. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 30(2), 119-123. <https://www.redalyc.org/pdf/610/61030202.pdf>

Hernández, J. E., & Luengas, P. E. (2013). Estudio fitoquímico preliminar de *Cecropia membranacea* Trécul. y *Cecropia metensis* Cuatrec. *Revista cubana de plantas medicinales*, 18(4), 586–595. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1028-47962013000400010](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962013000400010)

Hernández, S., Quiroz, C., Ramírez, M. E., Ronquillo, E., & Aguilar, M. (2020). Optimización del proceso de extracción asistida por ultrasonido de compuestos fenólicos de *Justicia spicigera* Schlttdl. mediante la metodología de superficie de respuesta. *Revista especializada en ciencias químico-biológica*, 23. <https://www.redalyc.org/journal/432/43266574019/html/>

Hernández-Montiel, L. G. (2018). Efecto del sustrato y reguladores del crecimiento sobre el enraizamiento de tres variedades de *Ixora* (*Ixora coccinea* L.) en el invernadero. *Agro Productividad*, 11(8). <https://doi.org/10.32854/agrop.v11i8.1110>

Ibarra-Cantún, D., Postgraduados, C. de, Delgado-Alvarado, A., Herrera-Cabrera, B. E., Soto-Hernández, R. M., Salazar-Rojas, V. M., Aguilar, M. I., Postgraduados, C. de, Postgraduados, C. de, Postgraduados, C. de, Universidad Nacional Autónoma de México, & Universidad Nacional Autónoma de México. (2018). Effect of the environmental condition of *Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews cultivation on phytochemical concentration. *Revista Chapingo. Serie: Horticultura*, 24(2), 151-165. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2017.08.031>

Jabeen, S., Ali, M. F., Mohi ud Din, A., Javed, T., Mohammed, N. S., Chaudhari, S. K., Javed, M. A., Ali, B., Zhang, L., & Rahimi, M. (2023). Phytochemical screening and allelopathic potential of phytoextracts of three invasive grass species. *Scientific Reports*, 13(1), 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-35253-x>

Jaiswal, R., Karar, M. G. E., Gadir, H. A., & Kuhnert, N. (2014). Identification and characterisation of phenolics from *Ixora coccinea* L. (Rubiaceae) by liquid chromatography multi-stage mass spectrometry: LC-MS<sup>n</sup> profiling of *Ixora coccinea* L. phenolics. *Phytochemical Analysis: PCA*, 25(6), 567–576. <https://doi.org/10.1002/pca.2530>

Jiménez, A., Mora, K., Rosete, S., & Cabrera, C. (2021). Utilización de plantas medicinales en cuatro localidades de la zona sur de Manabí, Ecuador. *Siembra*, 8(2), e3223. <https://doi.org/10.29166/siembra.v8i2.3223>

Jing, H., Liu, J., Liu, H., & Xin, H. (2014). Histochemical investigation and kinds of alkaloids in leaves of different developmental stages in *thymus quinquecostatus*. *TheScientificWorldJournal*, 2014, 1-6. <https://doi.org/10.1155/2014/839548>

Jordamović N, Pehlivanović B, Nikšić H, Gušić I, Korić E, Dedić M, Tuna-Repovac B, Bečić F, Durić K Anti-proliferative and anti-inflammatory activity of triterpene extracts from plant species belonging to Lamiaceae family Bol Latinoam Caribe Plant Med Aromat 22 (6): 864 - 878 (2023). <https://doi.org/10.37360/blacpma.23.22.6.58>

Joshi, A. B., Surlikar, P. M., & Bhoje, M. (2013). *Ixora Coccinea* Linn: Phytochemical investigation. <https://www.ijrpc.com/files/27-3174.pdf>

Jozivan, F., Teixeira, E., Luciene de Mesquita, L., Martins, A., & Costa, T. (2008). Extractos vegetales en el control de plagas. *Revista Verde de Agroecología e Desenvolvimento Sustentável*, 3. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7484143>

Kancherla, N., Dhakshinamoothi, A., Chitra, K., & Komaram, R. B. (2019). Preliminary Analysis of Phytoconstituents and Evaluation of Anthelmintic Property of *Cayratia auriculata* (In Vitro). *Mædica*, 14(4), 350–356. <https://doi.org/10.26574/maedica.2019.14.4.350>

Kedare, S. B., & Singh, R. P. (2011). Genesis and development of DPPH method of antioxidant assay. *Journal of Food Science and Technology*, 48(4), 412–422. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0251-1>

Kharat, A. R., Nambiar, V. V., Tarkasband, Y. S., & Pujari, R. R. (2009). A review on phytochemical and pharmacological activity of genus *Ixora*. *Ijrpc.com*. Recuperado el 12 de enero de 2024, de <https://www.ijrpc.com/files/20-3158.pdf>

Kuskoski, E. M., García Asuero, A., Troncoso González, A. M., & Fett, R. (2006). Actividad antioxidante de pulpas de frutos tropicales: Aplicación del método abts. <https://idus.us.es/handle/11441/86563>

Lee, H.-J., Lim, H.-J., & Lim, M.-H. (2020). The Activity of Anti-oxidation of *Cinnamomum loureiroi* Extract. *Journal of the Korean Applied Science and Technology*, 37(6), 1583–1590. <https://doi.org/10.12925/JKOCS.2020.37.6.1583>

Loja, B., Alvarado, Á., Salazar, A., Yica, E. R., & Jurado, B. (2017). Cribado fitoquímico del *Baccharis latifolia* (R&P.) Pers. (chilca). *Revista cubana de plantas medicinales*, 22(1), 1–7.

López, C., Galo, G., Jiménez, M., Rodríguez, G., & Guadalupe, L. (2018). Efecto de las condiciones de liofilización en propiedades fisicoquímicas, contenido de pectina y capacidad de rehidratación de rodajas de ciruela (*Spondias purpurea* L.). *Agrociencia*, 52. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-31952018000100001](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952018000100001)

López, C., Galo, G., Jiménez, M., Rodríguez, G., & Guadalupe, L. (2018). Efecto de las condiciones de liofilización en propiedades fisicoquímicas, contenido de pectina y capacidad de rehidratación de rodajas de ciruela (*Spondias purpurea* L.). *Agrociencia*, 52. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-31952018000100001](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952018000100001)

Luque, M. D., & Priego, F. (2010). Soxhlet extraction: Past and present panacea. *Journal of Chromatography A*, 1217(16), 2383–2389. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2009.11.027>

Lustre, H. (2022). Los superpoderes de las plantas: los metabolitos secundarios en su adaptación y defensa. *Revista Digital Universitaria*, 23(2). <https://doi.org/10.22201/cuaieed.16076079e.2022.23.2.10>

Malik, J., & Mandal, S. C. (2022). Extraction of herbal biomolecules. En S. C. Mandal, A. K. Nayak, & A. K. Dhara (Eds.), *Herbal Biomolecules in Healthcare Applications* (pp. 21–46). Elsevier. [https://www.researchgate.net/publication/355311695\\_Extraction\\_of\\_herbal\\_biomolecules](https://www.researchgate.net/publication/355311695_Extraction_of_herbal_biomolecules)

Mani, M. M., Clair, A. A., Uma, M. S., Suriyati, M., Surash, R., Sharif, M. M., & Vikneswaran, M. (2014). Antimicrobial activity and phytochemical screening of various parts of *Ixora coccinea*. *Journal of medicinal plant research*, 8(10), 423–429. <https://doi.org/10.5897/jmpr11.1281>

Maniyar, Y., Bhixavatimath, P., & Agashikar, N. V. (2010). Antidiarrheal activity of flowers of *Ixora Coccinea* Linn. in rats. *Journal of Ayurveda and Integrative Medicine*, 1(4), 287. <https://doi.org/10.4103/0975-9476.74422>

Martin, A. L. A. R., De Menezes, I. R. A., Sousa, A. K., Farias, P. A. M., dos Santos, F. A. V., Freitas, T. S., Figueredo, F. G., Ribeiro-Filho, J., Carvalho, D. T., Coutinho, H. D. M., & Fonteles, M. M. F. (2023). In vitro and in silico antibacterial evaluation of coumarin derivatives against MDR strains of *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. *Microbial Pathogenesis*, 177(106058), 106058. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2023.106058>

Martino, S., & Sülsen, V. (2019). Lactonas sesquiterpénicas: Promisorio grupo de compuestos naturales bioactivos. *Academia nacional de Farmacia y Bioquímica*. [https://www.anfyb.com.ar/wp-content/uploads/2010/11/REVISTA\\_161-1-2019-Internet.pdf](https://www.anfyb.com.ar/wp-content/uploads/2010/11/REVISTA_161-1-2019-Internet.pdf)

Mendoza, L., & Valadez, M. del C. (2021). Descripción de las plantas medicinales de la familia Rubiaceae con actividad biológica. *Educación y Salud Boletín Científico Instituto de Ciencias de La Salud Universidad Autónoma Del Estado de Hidalgo*, 9(18), 168–174. <https://doi.org/10.29057/icsa.v9i18.6576>

Mesa, V. A. M., Marín, P. A., Ocampo, O., Calle, J., & Monsalve, Z. (2019). Fungicidas a partir de extractos vegetales: una alternativa en el manejo integrado de hongos fitopatógenos. *RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 45, 23–30. <https://www.redalyc.org/journal/864/86458941001/86458941001.pdf>

Mipeshwaree, A., Khedashwori, K., Premi, P., LakshmiPriyari, M., & Das, S. (2023). Metabolic engineering of plant secondary metabolites: prospects and its technological challenges. *Frontiers in Plant Science*, 14. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1171154>

Monreal, A. M. J., Sánchez Manzanera, M., & Tomé, M. M. M. (2012). Optimización del método captación del radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH) para evaluar actividad antioxidante en bebida de café. *Anales de veterinaria de Murcia*, 28, 67–78. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4543453>

Muhammad, H., Qasim, M., Ikram, A., Versiani, M. A., Tahiri, I. A., Yasmeen, K., Abbasi, M. W., Azeem, M., Ali, S. T., & Gul, B. (2020). Antioxidant and antimicrobial activities of *Ixora coccinea* root and quantification of phenolic compounds using HPLC. *South African Journal of Botany*, 135, 71–79. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2020.08.012>

Navarro, G., Faber, D., & Helmer, E. (2016). Tropical Dry Forest & Woodland. Nature Serve. [https://explorer.natureserve.org/Taxon/ELEMENT\\_GLOBAL.2.860270/Tropical\\_Dry\\_Forest\\_Woodland\\_Formation](https://explorer.natureserve.org/Taxon/ELEMENT_GLOBAL.2.860270/Tropical_Dry_Forest_Woodland_Formation)

Noriega, P., Mosquera, T., Abad, J., Cabezas, D., Pieda, S., Coronel, I., Maldonado, M. E., Bardiserotto, A., Vertuani, S., & Manfredini, S. (2016). Composición química, actividad antioxidante y antimicrobiana del aceite esencial proveniente de las hojas de *Piper pubinervulum* C. DC Piperaceae. *La granja*, 24(2). <https://doi.org/10.17163/lgr.n24.2016.09>

Nowak, D., & Jakubczyk, E. (2020). The freeze-drying of foods—the characteristic of the process course and the effect of its parameters on the physical properties of food materials. *Foods (Basel, Switzerland)*, 9(10), 1488. <https://doi.org/10.3390/foods9101488>

Ojeda, J., & Dittrich, M. (2012). Fourier Transform Infrared Spectroscopy for Molecular Analysis of Microbial Cells. *PubMed*, 187-211.

Okhale, S. E., Ugbabe, G. E., Oladosu, P. O., Ib-rahim, J. A., Egharevba, H. O., Kunle, O. F., Elisha, E. P., Chibuike, A. J., & Ettah, U. O. (2018). Chemical constituents and

antimicrobial activity of the leaf essential oil of *Ixora coccinea* L (Rubiaceae) collected from North Central Nigeria. <https://doi.org/10.21746/ijbio.2018.7.5.1>

Onyemata K Esther, Maryam Yau Gimba, Sani Sambo Datsugwai Mohammed, Senol Dane. (2022). Phytochemicals Analysis of Some Parts of *Ixora coccinea* Plant and Potential Anti-Ulcer Effects on Wistar Rats. *Journal of Research in Medical and Dental Science*, 167-176. <https://www.jrmds.in/articles/phytochemicals-analysis-of-some-parts-of-ixora-coccinea-plant-and-potential-antiulcer-effects-on-wistar-rats.pdf>

Organización Mundial de la Salud. (2023). Medicina tradicional. Who.int. <https://www.who.int/es/news-room/questions-and-answers/item/traditional-medicine>

Orozco Hernández, M. E., & Mendoza Martínez, M. (2003). Competitividad local de la agricultura ornamental en México. *CIENCIA ergo-sum, Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva*, 10(1),

Panche, A. N., Diwan, A. D., & Chandra, S. R. (2016). Flavonoids: an overview. *Journal of Nutritional Science*, 5(e47). <https://doi.org/10.1017/jns.2016.41>

Petrova, O. E., & Sauer, K. (2017). High-performance liquid chromatography (HPLC)-based detection and quantitation of cellular c-di-GMP. En *c-di-GMP Signaling* (Vol. 1657, pp. 33–43). Springer New York. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5702474/>

Plaskova, A., & Mlcek, J. (2023). New insights of the application of water or ethanol-water plant extract rich in active compounds in food. *Frontiers in Nutrition*, 10. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1118761>

Pratiwi, D. R., Sulistyarningsih, Y. C., & Ratnadewi, D. (2020). Localization of alkaloid and other secondary metabolites in *Cinchona ledgeriana* Moens: Anatomical and



histochemical studies on fresh tissues and cultured cells. *Hayati : Journal of Biosciences*, 27(1), 1. <https://doi.org/10.4308/hjb.27.1.1>

Puccio, P., & Franke, S. (2020). *Ixora coccinea*. Recuperado de Monaco Nature Encyclopedia website: <https://www.monaconatureencyclopedia.com/ixora-coccinea/?lang=es>

Ramón, C., & Gil, M. (2021). Efecto de los parámetros de operación de la extracción asistida por ultrasonido en la obtención de polifenoles de uva: una revisión. *Tecnológicas*, 24. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-77992021000200263](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-77992021000200263)

Reyes, S., Casanova, E. V., Gaona, M. C., & Saldarriaga, C. (2010). Identificación preliminar de los metabolitos secundarios de los extractos acuosos y etanólicos del fruto y hojas de *Morinda citrifolia* L. “noni” y cuantificación espectrofotométrica de los flavonoides totales. *UCV - SCIENTIA*, 2(2), 11–22. <https://doi.org/10.18050/revucv-scientia.v2i2.876>

Rioja, A., Vizaluque, B., Aliaga, E., Tejeda, L., Book, O., Mollinedo, P., & Peñarrieta, M. (2018). Determinación de la capacidad antioxidante total, fenoles totales, y la actividad enzimática en una bebida no láctea en base a granos de *chenopodium quinoa*. En *Revista Boliviana de Química* (Vol. 35, pp. 168-176). <https://www.redalyc.org/journal/4263/426358213006/html/>

Ríos, M., Yanchaliquín, V., Páez, B., & Haro, X. (2020). *Plantas Medicinales de Salinas de Guaranda*. Fundación Pachamama y Ediciones Abya-Yala. [https://www.researchgate.net/publication/342654911\\_Plantas\\_Medicinales\\_de\\_Salinas\\_de\\_Guaranda](https://www.researchgate.net/publication/342654911_Plantas_Medicinales_de_Salinas_de_Guaranda)

Rivero, A., de la Peña, M., Rodríguez, G., Giardina, C., & Campo, J. (2022). A pantropical overview of soils across tropical dry forest ecoregions. *Sustainability*, 14(11), 6803. <https://doi.org/10.3390/su14116803>

Riya, F. P. (2023). A comprehensive review on consumption and health benefits of herbs: Allspice, ginger and tulasi. *The Pharma Innovation*, 1957-1960. <https://www.thepharmajournal.com/archives/2023/vol12issue5/PartX/12-5-267-597.pdf>

Rojas, T., Fuentes Camposb, M. E., Contreras-López, E., Gómez, S., & Muñoz-Jáuregui, A. M. (2019). Extracción asistida por ultrasonido de compuestos fenólicos de la cáscara de sanky. *Rev Soc Quím Perú*, 2. <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v85n2/a12v85n2.pdf>

Romero, A., Escalada, J. P., Bregliani, M., & Pajares, A. (2016). Utilización de Cromatografía Líquida de Alta Eficiencia (HPLC) para determinar consumo de sustrato. *Informes Científicos - Técnicos UNPA*, 8(2), 52–59. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5619081>

Rubio, Y., Valdivia, A. L., Camacho, C., Matos, M., Sosa, M., & Pérez, Y. (2018). Composición fitoquímica y actividad antibacteriana de extractos de hoja de *Hamelia patens* Jacq. *Biotecnología vegetal*, 18(1). <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/574/html>

Ruiz, R., & Saab, H. (2020). Diversidad florística del bosque seco tropical en las subregiones bajo y medio Sinú, Córdoba, Colombia. *Revista de biología tropical*, 68(1), 167–179. <https://doi.org/10.15517/rbt.v68i1.38286>

Sabu, T., Raju, T., Ajesh, Z., & Raghvendra, M. (Eds.). (2017). *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (Vol. 4). <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-46140-5.00004-2>

Sánchez, A. (2007). Técnicas de recolecta y herborización de plantas. En Contreras, Goyenechea I., Cuevas C., Iturbe (Ed.), La Sistemática (pp. 177–193). [https://www.researchgate.net/publication/301551995\\_Tecnicas\\_de\\_recolecta\\_y\\_herborizacion\\_de\\_plantas](https://www.researchgate.net/publication/301551995_Tecnicas_de_recolecta_y_herborizacion_de_plantas)

Sen, T., & Samanta, S. K. (2014). Medicinal plants, human health and biodiversity: A broad review. In *Biotechnological Applications of Biodiversity* (Vol. 147, pp. 59–110). Springer Berlin Heidelberg. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25001990/>

Sepúlveda Jiménez, G., Porta Ducoing, H., & Rocha Sosa, M. (2003). La participación de los metabolitos secundarios en la defensa de las plantas. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 355-363. <https://www.redalyc.org/pdf/612/61221317.pdf>

Sharifi, J., Cruz, N., López, P., Lopez, E. P.-F., Harun, N., Yeskaliyeva, B., Beyatli, A., Sytar, O., Shaheen, S., Sharopov, F., Taheri, Y., Docea, A. O., Calina, D., & Cho, W. C. (2021). Natural coumarins: Exploring the pharmacological complexity and underlying molecular mechanisms. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2021, 1–19. <https://doi.org/10.1155/2021/6492346>

Shi, L., Zhao, W., Yang, Z. et al. Extraction and characterization of phenolic compounds and their potential antioxidant activities. *Environ Sci Pollut Res* 29, 81112–81129 (2022). <https://doi.org/10.1007/s11356-022-23337-6>

Shreelakshmi, S. V., Chaitrashree, N., Kumar, S. S., Shetty, N. P., & Giridhar, P. (2021). Fruits of *Ixora coccinea* are a rich source of phytoconstituents, bioactives, exhibit antioxidant activity and cytotoxicity against human prostate carcinoma cells and development of RTS

beverage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(7).  
<https://doi.org/10.1111/jfpp.15656>

Sivakumar, P., Pavithra, N., Ballolla, T., Vineeta, M. E., Selvaraj, K. S. V., & Logeswaran, J. (Eds.). (2020). Effect of Growth Regulators In vitro Propagation of *Ixora* spp.: An Short Review (Vol. 1). Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/348484118\\_Effect\\_of\\_Growth\\_Regulators\\_In\\_in\\_vitro\\_Propagation\\_of\\_Ixora\\_spp](https://www.researchgate.net/publication/348484118_Effect_of_Growth_Regulators_In_in_vitro_Propagation_of_Ixora_spp)

Siyum, Z. G. (2020). Tropical dry forest dynamics in the context of climate change: syntheses of drivers, gaps, and management perspectives. *Ecological Processes*, 9(1).  
<https://doi.org/10.1186/s13717-020-00229-6>

Skolik, P., McAinsh, M. R., & Martin, F. L. (2018). Biospectroscopy for Plant and Crop Science. *Comprehensive Analytical Chemistry*, 15–49.  
<https://doi.org/10.1016/bs.coac.2018.03.001>

Soto, 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. ResearchGate. 10.21895/incre.2015.v6n1.04

Srivastava, P., Singh, M., Devi, G., & Chaturvedi, R. (2014). Herbal medicine and biotechnology for the benefit of human health. En A. S. Verma & A. Singh, *Animal Biotechnology* (pp. 563–575). Elsevier.  
[https://www.researchgate.net/publication/286302630\\_Herbal\\_Medicine\\_and\\_Biotechnology\\_for\\_the\\_Benefit\\_of\\_Human\\_Health](https://www.researchgate.net/publication/286302630_Herbal_Medicine_and_Biotechnology_for_the_Benefit_of_Human_Health)

Stan, K., & Sanchez, A. (2019). Tropical dry forest diversity, climatic response, and resilience in a changing climate. *Forests*, 10(5), 443. <https://doi.org/10.3390/f10050443>

Subramanian, P., & Anandharamakrishnan, C. (2023). Extraction of bioactive compounds. En C. Anandharamakrishnan & P. Subramanian (Eds.), *Industrial Application of Functional Foods, Ingredients and Nutraceuticals* (pp. 45–87). Elsevier. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128243121000029>

Suryanta, J. (2022). Flor soka Ixora Coccinea jungle geranio llama del bosque una especie de planta con flores. Freepik. [https://www.freepik.es/fotos-premium/flor-soka-ixora-coccinea-jungle-geranio-llama-bosque-especie-planta-flores\\_26251650.htm](https://www.freepik.es/fotos-premium/flor-soka-ixora-coccinea-jungle-geranio-llama-bosque-especie-planta-flores_26251650.htm)

Tiwari, D., Kewlani, P., Gaira, K. S., Bhatt, I. D., Sundriyal, R. C., & Pande, V. (2023). Predicting phytochemical diversity of medicinal and aromatic plants (MAPs) across eco-climatic zones and elevation in Uttarakhand using Generalized Additive Model. *Scientific Reports*, 13(1), 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-37495-1>

Torey, A., Sasidharan, S., Latha, L. Y., Sudhakaran, S., & Ramanathan, S. (2010). Antioxidant activity and total phenolic content of methanol extracts of Ixora coccinea. *Pharmaceutical Biology*, 48(10), 1119–1123. <https://doi.org/10.3109/13880200903490505>

Toro, A., Vigo, F., & Muedas, G. (2011). Evaluación de la actividad antioxidante del pisco peruano mediante voltametría cíclica. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 77(2), 127–134. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1810-634X2011000200005](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2011000200005)

Torres, A., & Torres, A. (2022). Las Rubiáceas de México: Ya está hecho el trabajo. *Botanical sciences*, 100(2), 446–468. <https://doi.org/10.17129/botsci.2847>

Tourabi, M., Metouekel, A., Ghouizi, A. E. L., Jeddi, M., Nouiouara, G., Laaroussi, H., Hosen, M. E., Benbrahim, K. F., Bourhia, M., Salamatullah, A. M., Nafidi, H.-A., Wondmie, G. F., Lyoussi, B., & Derwich, E. (2023). Efficacy of various extracting solvents on phytochemical composition, and biological properties of *Mentha longifolia* L. leaf extracts. *Scientific Reports*, 13(1), 1–15. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-45030-5>

Vega, D., Pereira, S., Almeida, M., & Morales, G. (2009). Tamizaje fitoquímico preliminar de los extractos alcohólico, etéreo y acuoso de las hojas, tallo y flores de la *Ixora coccinea* L. *Química Viva*, 8(3), 185–191. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86320633004>

Vera, B., & Sánchez, M. (2015). Registro de algunas plantas medicinales cultivadas en San Cristóbal, municipio de Medellín (Antioquia - Colombia). *Revista Facultad Nacional De Agronomía Medellín*, 68(2), 7647–7658. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v68n2.50979>

View of Revisiting DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) assay as a useful tool in antioxidant evaluation: A new IC100 concept to address its limitations. (s/f). *Isnff-jfb.com*. <http://www.isnff-jfb.com/index.php/JFB/article/view/103/187>

Wang, S., Qiu, Y., Gan, R.-Y., & Zhu, F. (2022). Chemical constituents and biological properties of Pu-erh tea. *Food Research International* (Ottawa, Ont.), 154(110899), 110899. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110899>

Wang, Y.-H., Avula, B., Nanayakkara, N. P. D., Zhao, J., & Khan, I. A. (2013). Cassia cinnamon as a source of coumarin in cinnamon-flavored food and food supplements in the United States. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(18), 4470–4476. <https://doi.org/10.1021/jf4005862>

Weggler, B., Gruber, B., Teehan, P., Jaramillo, R., & Dorman, F. (2020). Inlets and sampling. Sciencedirect.com. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813745-1.00005-2>

What is FTIR Spectroscopy. (2023). Edinburgh Instruments; Edinburgh Instruments Ltd. <https://www.edinst.com/us/blog/what-is-ftir-spectroscopy/>

Xing, H., Hu, Y., Yang, L. et al. Actividad de fumigación de aceites esenciales de *Cinnamomum loureirii* hacia obreras de hormigas rojas importadas. *J Pest Sci* 96 , 647–662 (2022). <https://doi.org/10.1007/s10340-022-01540-1>

Zhang, Q.-W., Lin, L.-G., & Ye, W.-C. (2018). Techniques for extraction and isolation of natural products: a comprehensive review. *Chinese Medicine*, 13(1). <https://doi.org/10.1186/s13020-018-0177-x>

Zygler, A., Słomińska, M., & Namieśnik, J. (2012). Soxhlet Extraction and New Developments Such as Soxtec. *Comprehensive Sampling and Sample Preparation*, 65–82. [doi:10.1016/b978-0-12-381373-2.00037-5](https://doi.org/10.1016/b978-0-12-381373-2.00037-5)